

**Факультет техногенно-екологічної безпеки
Національного університету цивільного захисту України
Кафедра охорони праці та техногенно-екологічної безпеки**

ТЕХНОЕКОЛОГІЯ

Курс лекцій

Харків 2017

Підготовлено до друку за рішенням
факультету техногенно-екологічної
безпеки НУЦЗ України
Протокол від 26.12.16 № 5

Укладач: М.В. Сарапіна

Рецензент: доктор технічних наук, професор В.О. Юрченко, завідувач кафедри безпеки життєдіяльності та інженерної екології Харківського національного університету будівництва та архітектури
кандидат географічних наук, доцент К.М. Карпець, старший науковий співробітник відділу організації науково-дослідної роботи НУЦЗ України.

Техноекологія: курс лекцій / Укладач: М.В. Сарапіна. – Х.:НУЦЗУ, 2017. – 184 с.

Курс лекцій призначений для підготовки фахівців освітнього ступня «бакалавр» галузі знань 0401 «Природничі науки», за спеціальністю 101 «Екологія» спеціалізацією «екологічна безпека».

Курс лекцій «Техноекологія» розкриває питання щодо загальної характеристики національного господарства, основних технологічних процесів окремих його галузей, характеристики природних ресурсів, які використовуються окремими галузями виробництва, характеристики та аналізу впливу цих виробництв на навколишнє середовище, заходів боротьби зі шкідливим впливом викидів, скидів і накопиченням відходів, альтернативних еколого-безпечних технологій.

ЗМІСТ

Передмова	7
РОЗДІЛ 1. ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА. ВПЛИВ НА ДОВКІЛЛЯ	9
Лекція 1. Техносфера	9
1.1 Загальна характеристика техносфери.....	9
1.2 Ресурси техносфери.....	10
1.3 Джерела впливу на довкілля	12
1.4 Заходи зі зниження рівня негативного впливу на навколишнє середовище та його попередження.....	13
Завдання на самопідготовку	16
Питання для самоконтролю.....	16
Лекція 2. Значення енергетики для розвитку економіки країни. теплоенергетика, її вплив на довкілля	17
2.1 Значення енергетики для розвитку економіки країни	17
2.2 Теплоенергетика, принцип роботи ТЕС.....	19
2.3 Природні ресурси, які використовуються у теплоенергетиці	20
2.4 Вплив ТЕС на довкілля	23
Завдання на самопідготовку	26
Питання для самоконтролю.....	26
Лекція 3. Заходи охорони довкілля на теплоелектростанціях	27
3.1 Заходи охорони атмосферного повітря	27
3.2 Заходи охорони гідросфери.....	30
3.3 Утилізація відходів.....	31
Завдання на самопідготовку	32
Питання для самоконтролю.....	32
Лекція 4. Атомна енергетика, її вплив на довкілля	33
4.1 Загальна характеристика атомної енергетики. Атомна електростанція. Ядерний реактор	33
4.2 Атомна енергетика у світі і в Україні	35
4.3 Ресурси, які використовуються в атомній енергетиці	36
4.4 Вплив атомної енергетики на довкілля	38
4.5. Найбільші радіаційні аварії	40
Завдання на самопідготовку	42
Питання для самоконтролю.....	42
Лекція 5. Гідроенергетика, її вплив на довкілля	43
5.1 Гідроенергетика як галузь відновлювальної енергетики	43
5.2 Традиційна гідроенергетика, її вплив на довкілля	45
5.3 Альтернативна гідроенергетика	48
Завдання на самопідготовку	52
Питання для самоконтролю.....	53
Лекція 6. Альтернативні джерела енергії: сонячна та вітрова енергетика	53
6.1 Сонячна енергетика (геліоенергетика)	53

6.2 Вітрова енергетика	61
Завдання на самопідготовку.....	65
Питання для самоконтролю	66
Лекція 7. Альтернативні джерела енергії: геотермальна енергетика, біоенергетика та інші	66
7.1 Геотермальна енергетика	66
7.2 Біоенергетика.....	70
7.3 Концептуальні джерела альтернативної енергії: грозова енергетика, керований термоядерний синтез	74
Завдання на самопідготовку.....	77
Питання для самоконтролю	77
РОЗДІЛ 2. ВАЖКА ПРОМИСЛОВІСТЬ. ВПЛИВ НА ДОВКІЛЛЯ.....	78
Лекція 8. Металургійна промисловість, її вплив на довкілля	78
8.1 Металургійна промисловість як галузь важкої промисловості.....	78
8.2 Добування і збагачення руд	79
8.3 Виробництво чавуну і сталі	80
8.4 Вплив на довкілля.....	81
Завдання на самопідготовку.....	83
Питання для самоконтролю	83
Лекція 9. Хімічна промисловість, її вплив на довкілля.....	84
9.1 Галузі хімічної промисловості	84
9.2 Вплив на довкілля.....	85
9.3 Найбільші хімічні аварії у світі	88
Завдання на самопідготовку.....	91
Питання для самоконтролю	91
Лекція 10. Будівельна промисловість, її вплив на довкілля.....	91
10.1 Загальна характеристика будівельного комплексу	92
10.2 Ресурси, що використовуються у будівельній галузі.....	95
10.3 Вплив на навколишнє середовище.....	95
10.4 Заходи зі зниження негативного впливу на довкілля	100
Завдання на самопідготовку.....	101
Питання для самоконтролю	101
Лекція 11. Машинобудування, його вплив на довкілля	102
11.1 Загальна характеристика машинобудівного комплексу.....	102
11.2 Вплив на навколишнє середовище.....	106
11.3 Заходи зі зниження негативного впливу на довкілля	110
11.4 Нові екологічно безпечні технології	111
Завдання на самопідготовку.....	112
Питання для самоконтролю	112
Лекція 12. Лісопромисловий комплекс, його вплив на довкілля	113
12.1 Загальна характеристика лісопромислового комплексу	113
12.2 Використовувані ресурси.....	116
12.3 Вплив на довкілля.....	117

12.4 Заходи зі зниження рівня негативного впливу на довкілля та його попередження, нові екологічно безпечні технології	120
Завдання на самопідготовку	122
Питання для самоконтролю.....	122
РОЗДІЛ 3. АГРОПРОМИСЛОВИЙ КОМПЛЕКС, ТРАНСПОРТ ТА ЖИТЛОВО-КОМУНАЛЬНЕ ГОСПОДАРСТВО.	
ВПЛИВ НА ДОВКІЛЛЯ.....	123
Лекція 13. Агропромисловий комплекс, його ресурси	123
13.1 Загальна характеристика аграрно-промислового комплексу.....	123
13.2 Використовувані ресурси	126
Завдання на самопідготовку	129
Питання для самоконтролю.....	129
Лекція 14. Агропромисловий комплекс, його вплив на довкілля.	
Екологічно безпечні агротехнології.....	129
14.1 Вплив АПК на довкілля	130
14.2 Заходи зі зниження рівня негативного впливу агропромислового комплексу на довкілля	134
14.3 Нові екологічно безпечні агротехнології	137
Завдання на самопідготовку	139
Питання для самоконтролю.....	139
Лекція 15. Транспорт, його вплив на довкілля.....	140
15.1 Загальна характеристика транспорту	140
15.2 Використовувані ресурси	143
15.3 Вплив на довкілля	145
Завдання на самопідготовку	151
Питання для самоконтролю.....	152
Лекція 16. Транспорт, Заходи зі зниження рівня негативного впливу на довкілля та нові технології.....	152
16.1 Заходи зі зниження рівня негативного впливу транспорту на навколишнє середовище та його попередження.....	152
16.2 Нові екологічно безпечні транспортні технології	156
Завдання на самопідготовку	161
Питання для самоконтролю.....	161
Лекція 17. Житлово-комунальне господарство	161
17.1 Водопостачання.....	162
17.2 Водовідведення.....	163
17.3 Методи очищення стічних вод	165
17.4 Утилізація твердих побутових відходів	169
17.5 Паливно-енергетичне господарство	170
17.6 Господарство з озеленення населених пунктів та транспортне господарство.....	172
Завдання на самопідготовку	172
Питання для самоконтролю.....	172

Лекція 18. Вплив на довкілля Житлово-комунального господарства....	173
18.1 Використовувані ресурси.....	173
18.2 Вплив на навколишнє середовище.....	173
18.3 Заходи зі зниження рівня негативного впливу на навколишнє середовище та його попередження	175
18.4 Нові екологічнобезпечні технології.....	179
Завдання на самопідготовку.....	181
Питання для самоконтролю	181
Література.....	183

ПЕРЕДМОВА

Техноекологія – є професійною обов'язковою навчальною дисципліною циклу професійно-орієнтованої підготовки фахівців освітнього рівня «бакалавр» галузі знань 0401 «Природничі науки», за спеціальністю 101 «Екологія» спеціалізацією «Екологічна безпека».

Мета курсу: формування знань щодо структури національного господарства, впливу його окремих галузей на навколишнє природне середовище, а також методів запобігання техногенному забрудненню довкілля.

Завдання курсу:

- надати навички визначення впливів виробничої сфери на навколишнє природне середовище;
- сформулювати усвідомлення проблем та шляхів покращення стану природного середовища;
- сформулювати фундаментальні знання про особливості використання природних ресурсів різними виробництвами та вплив цих виробництв на навколишнє природне середовище;
- сформулювати знання про альтернативні екологобезпечні виробництва та шляхи екологізації виробничих процесів.

У результаті вивчення дисципліни слухачі повинні:

знати:

- фактори середовища та місце серед них техногенних факторів;
- техногенез та його характерні риси;
- природні ресурси та їх класифікацію;
- принцип роботи електричних станцій та їх негативний вплив на довкілля;
- заходи зменшення шкідливого впливу електричних станцій на довкілля;
- основні види альтернативних джерел електроенергії, переваги і недоліки їх застосування;
- технологічні процеси різних галузей важкої промисловості та їх вплив на навколишнє природне середовище;
- технологічні процеси легкої промисловості та їх вплив на навколишнє природне середовище;
- вплив агропромислового комплексу на навколишнє природне середовище;
- транспортний комплекс та заходи боротьби з його шкідливим впливом на навколишнє природне середовище;
- вплив житлово-комунального господарства на довкілля та проблеми поводження з твердими побутовими та промисловими відходами.

вміти:

- характеризувати природні ресурси;
- класифікувати техногенні забруднення за походженням та ступенем небезпечності;

- приймати обґрунтовані рішення щодо покращання технологій виробництв та закриття екологічно небезпечних виробництв;
- аналізувати процеси формування антропогенних гірничо-промислових ландшафтів;
- давати оцінку проблемам, пов'язаним із порушенням земель;
- розуміти та пояснювати зміни в ресурсному потенціалі (земельні, лісові), пов'язані з будівництвом гідроелектричних станцій;
- обґрунтовувати можливості та переваги різних видів нетрадиційної енергетики (сонячної, вітрової та ін.);
- давати оцінку факторам, що зумовлюють розміщення підприємств різних галузей промисловості;
- класифікувати ресурси, необхідні для виробництва;
- аналізувати методи захисту природного середовища від шкідливого впливу виробництв різних галузей промисловості;
- аналізувати шляхи зменшення шкідливого виливу того чи іншого виробництва на навколишнє природне середовище та рекомендувати шляхи його зменшення.

Слухачі повинні оволодіти наступними професійними програмними компетентностями: розуміти основні закономірності формування екологічної небезпеки й управління безпекою, вміти визначати рівень екологічної небезпеки регіону; володіти методами визначення джерел і шляхів надходження у навколишнє природне середовище шкідливих компонентів та бути здатними оцінити їх вплив на стан здоров'я людини та якість довкілля; розуміти принципи технологічних процесів виробництв, які мають негативний вплив на довкілля, та бути здатними запропонувати заходи щодо зменшення цього впливу.

РОЗДІЛ 1. ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА. ВПЛИВ НА ДОВКІЛЛЯ

ЛЕКЦІЯ 1. ТЕХНОСФЕРА

План

- 1.1. Загальна характеристика техносфери.
 - 1.2. Ресурси техносфери.
 - 1.3. Джерела впливу на довкілля.
 - 1.4. Заходи зі зниження рівня негативного впливу на навколишнє середовище та його попередження.
- Завдання на самопідготовку

1.1 Загальна характеристика техносфери

Техносфера – це сукупність штучних та природних об'єктів, створених або змінених цілеспрямованою діяльністю людини. Техносфера є складовою частиною біосфери, яка з часом може перетворитись в *ноосферу*, що за теорією В.І. Вернадського повинно стати основною метою сучасного суспільства. Однак, на сьогодні, господарська діяльність людини зумовила деградацію та вичерпування природних ресурсів, що призвело до трансформації сформованих протягом багатьох мільйонів років матеріальних та енергетичних потоків на планеті. Експлуатуючи природні ресурси, людство значною мірою погіршило умови власної життєдіяльності.

Про це свідчать відомі цифри і факти. Так, за останні 100 років людство більше ніж у 1000 разів збільшило використання енергетичних ресурсів, а за останні 40 років у 2 рази збільшились обсяги світового виробництва індустріальної та с/г-продукції. У розвинених країнах загальний обсяг товарів та послуг зростає в 2 рази через кожні 15 років. Відповідно збільшується і кількість відходів виробничої діяльності, які забруднюють атмосферу, водойми, ґрунт. У розрахунку на кожного мешканця індустріально розвинутих країн, щорічно видобувається близько 30 тонн природних ресурсів, з них лише 11-15% набирає форми продукту, що використовується (споживається), а решта потрапляє у відходи.

Протягом ХХ сторіччя з надр Землі видобуто корисних копалин більше, ніж за всю історію людства. Видобуваючи із земних надр щорічно понад 10 млрд тонн гірських порід, людство тисячами свердловин, шахт, різних гірських виробок порушує земну поверхню, послаблює міцність верхньої частини земної кори та невпізнанно змінює її вигляд кар'єрами, териконами, горами відвальних порід, шлаконакопичувачами та звалищами.

Для інтенсифікації сільського господарства у ґрунти щорічно вноситься ~500 млн тонн мінеральних добрив, 4 млн тонн пестицидів, значна частина яких осідає в ґрунтах та виноситься поверхневими водами в річки, озера, моря та океани і накопичується в штучних водосховищах. На сьогодні в Україні накопичено близько 11 тисяч тонн застарілих пестицидів. Проблема їхньої

утилізації досі не вирішена. Багато сховищ, де вони зберігаються, знаходяться в катастрофічному стані. Щорічно в світі близько 6 млн га с/г-угідь перетворюються на пустелі.

За останні 100 років людство винищило майже половину лісів планети. На жаль, винищення лісів продовжується не тільки в Азії, Африці та Південній Америці, але й в Україні. В Україні вкриті лісом території становлять близько 16 % проти науково рекомендованих 30-36 %.

Штучно створені радіоактивні речовини, випробування ядерної зброї, аварії на АЕС призвели до значного підсилення радіаційного фону планети.

Десятиліттями в Україні пріоритетними були такі ресурсомісткі та енергоємні галузі, як гірничо-металургійна, енергетична, нафтохімічна. До того ж підприємства роками не модернізувалися, виробничі процеси застаріли. Морально та фізично зношені підприємства стають потужними джерелами забруднення довкілля і становлять небезпеку для населення.

Серед промислових підприємств найбільше забруднюють довкілля гірничо-металургійні. Найбільшої шкоди ці підприємства завдають повітряному басейнові, спричинюючи появу кислотних дощів, а також земельним ресурсам через утворення кар'єрів, відвалів, шламонакопичувачів тощо.

Поблизу деяких підприємств за багато років утворилися гори з техногенних відходів, які раніше не утилізували. Такі скупчення іноді називають *техногенними родовищами*.

Таким чином, можна зробити висновок, що людина давно живе не в «природному», а в антропогенно-зміненому середовищі, тобто в *техносфері*.

1.2 Ресурси техносфери

Природними ресурсами називають компоненти природи, які на даному рівні розвитку продуктивних сил використовуються або можуть бути використані як засіб виробництва чи предмет використання. Величезні обсяги використання людством природних ресурсів загострили проблему їх раціонального використання й охорони.

Існує безліч класифікацій природних ресурсів. Наприклад, класифікація природних ресурсів, що ґрунтується на особливостях їх походження, економічного значення та специфіки господарського використання, передбачає:

1) *природну класифікацію* за природними групами (земельні, водні, мінеральні, біологічні, кліматичні тощо);

2) *екологічну класифікацію* за ознаками вичерпності і відновлюваності природних ресурсів (невичерпні і вичерпні, в складі останніх – відновлювані і невідновлювані);

3) *господарську класифікацію* природних ресурсів, що враховує можливість їх використання (реальні та потенційні природні ресурси).

Ресурси мають кількісну характеристику, яку можна визначити (маса, обсяг, щільність, концентрація, інтенсивність, потужність, вартість).

Земельні ресурси – землі, які використовуються, або можуть бути використані у різних галузях народного господарства (с/г, промисловості, рекреації тощо). Територіальний аспект земельних ресурсів характеризується земельним фондом, тобто категоріями земель відповідно до їх цільового використання (землі с/г-призначення; землі населених пунктів; землі підприємств промисловості, транспорту, зв'язку тощо), які перебувають у власності відповідних власників землі і землекористувачів на території певної країни. Згідно з даними аерокосмічних зйомок площа планетарного суходолу, яка не охоплена господарською діяльністю, становить приблизно 30-35 %. Аналіз структури земельного фонду планети показує, що під прямим контролем людини знаходиться майже 50 млн км² земної поверхні (28,2 %).

Водні ресурси – це всі води гідросфери, тобто води рік, озер, каналів, водоймищ, морів та океанів, підземні води, ґрунтова волога, вода (льоди) гірських і полярних льодовиків, водяні пари атмосфери. Загальні запаси водних ресурсів становлять близько 1454,3 млн км³ (з них менше 2 % – прісні води, а доступними для використання є лише 0,3 %). Водні ресурси використовують для водокористування та водоспоживання в різних галузях промисловості, с/г, енергетики, судноплавства, побуту.

Сьогодні щорічна потреба населення та галузей економіки у водних ресурсах становить близько 15 млрд м³. Основними водокористувачами є промисловість – 36 %, сільське господарство – 41 %, комунальне господарство – 23 %. За запасами місцевих водних ресурсів Україна відноситься до малозабезпечених водою регіонів Європи – менше 1000 м³ на 1 жителя в рік (для порівняння: у Швеції та Німеччині – 2500 м, Франції – 3500, Великобританії – 5000, Європейській частині Росії – 5900).

Біологічними ресурсами називають сукупність живих організмів планети, які забезпечують існування біосфери. Експлуатація біоресурсів планети включає такі основні види діяльності людини як сільське господарство, лісівництво, збирання продукції лісів, промисел звірів, птахів, риби та морепродуктів. Така діяльність часто призводить до порушення та знищення природних біоценозів, зменшує біологічне різноманіття. За оцінками ФАО, глобальне скорочення лісів у 18 разів перевищує їх відновлення. На жаль, зараз і в Україні щорічно вирубується більше лісів, ніж висаджується. Сумарне споживання деревини у світі в наші дні складає приблизно 3 млрд м³/рік.

Значне господарське значення мають водні біоресурси. На сьогодні у світі виловлюють щорічно 100 млн т риби та 10 млн т інших морепродуктів. За даними ФАО, в процесі вилову риби завдаються збитки 70 % світових експлуатаційних запасів промислових риб. Водним біоресурсам збитки наносяться не лише промислом, але й техногенним порушенням нерестилищ, шляхів міграції, забрудненням акваторій та іншими впливами техногенезу на біосферу.

Енергетичні ресурси – це всі доступні для промислового та побутового використання джерела різноманітних видів енергії: механічної, теплової, хімічної, електричної, ядерної.

До *невідновлюваних енергоресурсів* відносяться в першу чергу різні види мінерального палива: нафта, природний газ, вугілля, горючі сланці, торф, інші *каустобіоліти* (горючі викопні гірські породи органічного походження) нафтового та вугільного рядів, а також радіоактивні (переважно уранові) руди. Вони використовуються в сучасному світовому господарстві як паливно-енергетична сировина особливо широко і тому нерідко називаються «традиційними енергоресурсами». В принципі всі перелічені енергоресурси здатні до відновлення, але терміни їх відновлення вимірюються в масштабах геологічного часу.

До *відновлюваних енергоресурсів* належать: енергія Сонця; енергія вітру; енергія течій води (переважно гідравлічна енергія річок), хвиль, припливно-відпливна енергія; теплова енергія Землі (в тому числі геотермальна), повітря, морів та океанів; енергія біомаси. Вони є джерелами енергії для нетрадиційної енергетики.

1.3 Джерела впливу на довкілля

Забруднення – це внесення у навколишнє середовище або виникнення в ньому нових, зазвичай не характерних хімічних та біологічних речовин, агентів (або внесення в надлишковій кількості будь-яких уже відомих речовин), яке призводить до негативних наслідків для людей чи природних систем.

Забруднювальна речовина – фізичний чи інформаційний агент, зокрема, біологічний вид, що потрапляє у навколишнє середовище або виникає в ньому у кількостях, які перевищують межі звичайного вмісту і яких природа не здатна позбутися шляхом самоочищення.

Для сучасних процесів в екосистемах або у біосфері в цілому забруднення довкілля класифікуються за:

- *походженням* – на природні, антропогенні;
- *видом* – матеріальні, енергетичні;
- *впливом* – механічні, хімічні, фізичні, біологічні;
- *характером* – умисні, супутні, аварійні, випадкові;
- *поширенням* – локальні, регіональні, глобальні.

Природні забруднення – спричинені будь-якими природними явищами без впливу людини (виверження вулканів, повені, селевий потік, вивітрювання ґрунтів, розкладання рослин і тварин тощо).

Класифікувати *забруднювальні речовини* складно через їх велику кількість і різноманітність. Умовно їх можна об'єднати в такі групи:

- *за видом* – механічні, хімічні, фізичні, біологічні;
- *за часом дії* – стійкі, нестійкі, середньої стійкості;
- *за впливом* – прямої та непрямої дії;
- *за характером* – первинні, вторинні.

До основних забруднювальних речовин відносяться:

- гази, газоподібні речовини, аерозолі, пил, які викидаються в атмосферу об'єктами енергетики, промисловості та транспорту;
- радіоактивні, електромагнітні, магнітні та теплові випромінювання;
- шум та вібрації;
- промислові стоки «збагачені» шкідливими хімічними сполуками, комунальні та побутові відходи;
- хімічні речовини (передусім пестициди та мінеральні добрива, що у величезній кількості використовуються в с/г), нафтопродукти.

Ксенобіотики – створені людиною сполуки, яких в природі раніше не було, за своєю фізико-хімічною структурою чужі всьому живому й не можуть перероблятися, втягуватися в біогеохімічні цикли. До таких небезпечних забруднювальних речовин належать поліхлорбіфеніли (ПХБ), полібромні біфеніли (ПББ), ароматичні вуглеводні (ПАВ) (їх виробляють понад 600 видів), нітрузоаміни та вінілхлориди (містяться в різних плівках, поліетиленових упаковках, пакетах, трубах), майже всі синтетичні пральні порошки. Більшість із цих речовин є канцерогенними, вони впливають на генетичний апарат людей.

Джерела утворення відходів. В Україні, накопичено близько 20 млрд т виробничих та побутових відходів, їх переробка та утилізація є однією з актуальних проблем захисту довкілля від шкідливих речовин. Усі види промислових і побутових відходів поділяють на тверді, рідкі та газоподібні. Тверді відходи класифікують за трьома категоріями: промислові, сільськогосподарські та відходи міського господарства (побутові).

Основна маса твердих промислових відходів утворюється на підприємствах:

- гірничої та гірничо-хімічної промисловості (шлаки, відвали та ін.);
- чорної та кольорової металургії (шлаки, шлами, пил та ін.);
- металообробної промисловості (стружка, браковані вироби та ін.);
- лісової та деревообробної промисловості (лісозаготівельні відходи, відходи лісопиляння, деревостружкових, деревоволокнистих плит, шаруватих пластиків, карболітових, королітових плит, відходи клеїв, смол і лакофарбових матеріалів);
- енергетичного господарства – теплових електростанцій (зола, шлаки);
- хімічної та суміжних галузей промисловості (фосфогіпс, шлаки, шлами, цементний пил, відходи виробництв органічної хімії);
- харчової промисловості (кості, шерсть та ін.);
- легкої промисловості (тканини, шкіри, гуми, пластмаси та ін.).

1.4 Заходи зі зниження рівня негативного впливу на навколишнє середовище та його попередження

Реальним напрямком вирішення екологічних проблем є реалізація досягнень науково-технічного прогресу, що передбачають зміни техніко-технологічної основи виробництва шляхом переходу на маловідходні, ресур-

со- та енергозберігаючі технології. Практично це означає зміну курсу, орієнтованого на ліквідацію несприятливих наслідків, зумовлених зміною якості природного середовища, на курс боротьби із забрудненням та попередженням наслідків.

Під *ресурсозберігаючою технологією* розуміють такий технологічний процес, який передбачає мінімізацію використовуваних природних ресурсів та мінімальні порушення природних умов, тобто відрізняється від традиційних технологій значно меншою питомою витратою сировини та енергії. Для *маловідходних (безвідходних) технологій* головним є перехід на замкнуті технологічні цикли, які в якійсь мірі відтворюють природні, що дозволяє отримати мінімум твердих, рідких, газоподібних і теплових відходів та викидів. Про замкнутість виробництва можна говорити в двох аспектах: стосовно до індивідуального виробничому процесу (в рамках одного підприємства) і в рамках групи підприємств, коли відбувається об'єднання різних технологій в послідовні та паралельні ланцюжки з метою більш повного використання сировини і скорочення кількості відходів.

Способи очищення викидів в атмосферу від шкідливих речовин можна об'єднати в такі групи:

- очищення викидів від пилу та аерозолів шкідливих речовин;
- очищення викидів від газоподібних шкідливих речовин;
- зниження забруднення атмосфери відхідними газами від двигунів внутрішнього згорання транспортних засобів та стаціонарних установок;
- зниження забруднення атмосфери в процесі транспортування, навантаження та вивантаження сипких вантажів.

Механічні методи застосовують для очищення вентиляційних та інших газових викидів від грубодисперсного пилу. Основними механізмами осадження завислих частинок є дія сил гравітації, інерції, дифузії, а також відцентрових сил та сил зчеплення.

Методи очищення викидів від газоподібних речовин за характером фізико-хімічних процесів з середовищами, які очищуються, поділяються на групи:

- промивання викидів розчинниками, що не вступають в хімічну взаємодію з забруднювачами (метод абсорбції);
- промивання викидів розчинами, які вступають в хімічну взаємодію з забруднювачами (метод хемосорбції);
- поглинання газоподібних забруднювачів твердими активними речовинами (метод адсорбції);
- використання каталізаторів;
- термічна обробка викидів;
- біохімічне очищення газів.

В процесі *абсорбції* проходить конвективна дифузія паро- та газоподібних компонентів газу в рідині поглиначі (*абсорбентів*). *Адсорбція* – це процес поглинання газів або парів поверхнею твердих тіл (*адсорбентів*) – активованого вугілля, силікагелів та алюмогелів, штучних та природних цеолітів,

природних сорбентів і т.п. Застосовуються за незначного вмісту паро- та газоподібних компонентів в газі, який очищається. Адсорбенти використовуються у вигляді зерен розміром 2-8 мм або в пилоподібному стані. Адсорбція поділяється на фізичну адсорбцію та хемосорбцію.

Каталітичні методи використовують для перетворення токсичних компонентів промислових викидів у нешкідливі чи менш шкідливі речовини в присутності каталізатора. Застосовують каталітичні процеси окиснення, відновлення та розкладання.

Термічне знешкодження газів ґрунтується на високо-температурному спалюванні горючих домішок, тобто окисненні знешкоджуваних компонентів киснем. Перевагою є невеликі розміри установок та простота їх обслуговування, можливість автоматизації, висока ефективність знешкодження за низьких затрат коштів, недоліком – можливе вторинне забруднення атмосфери продуктами спалювання.

Біохімічне очищення газів полягає в сорбційному вловлюванні шкідливих домішок з газів, аеробному їх розкладі та асиміляції мікроорганізмами. Застосовується для дезодорації повітря, видалення з промислових газових викидів домішок аміаку, формальдегіду, фенолу, ціанистого водню, азото- та сірковмісних сполук тощо.

Методи очищення стічних вод можна розділити на механічні та механохімічні, хімічні та фізико-хімічні і біологічні. Коли ж вони застосовуються разом, то метод очищення і знешкодження стічних вод називається комбінованим. Використання того або іншого методу у кожному конкретному випадку визначається характером забруднення і ступенем шкідливості домішок.

Зміст **механічних та механохімічних методів** полягає в тому, що із стічних вод відділяються механічні домішки. Багато вловлених домішок, як цінні речовини, використовуються у виробництві повторно. У випадку застосування **фізико-хімічних методів** очищення стічних вод видаляються тонкодисперсні та розчинені неорганічні домішки, руйнуються органічні речовини і ті, речовини, які погано окислюються. Серед методів очищення стічних вод значну увагу приділяють **біологічним методам**, які засновані на використанні закономірностей біохімічного та фізіологічного самоочищення річок та інших водоймищ.

Фітомеліорація – це процес використання природної перетворювальної функції рослинності в оптимізації ноосфери. Фітоценотичний покрив, або автотрофний блок екосистеми, є біосферно активним. Він виробляє біомасу, фіксує вуглекислий газ і молекулярний азот, продукує кисень, бере участь у біохімічних циклах та ґрунтових процесах.

Виділяють три групи фітомеліорантів:

1) спеціальні, в яких фітомеліоративна функція має провідне значення (парки, лісопарки, захисні смуги тощо);

2) продуктивні, в яких перше місце відводиться одержанню продукції, а фітомеліорація має другорядне значення (ліси, поля, луки, сади, виноградники тощо);

3) рудеральні (бур'яни), які спонтанно виконують фітомеліоративні функції.

Всі три категорії фітомеліорантів тою чи іншою мірою виконують перетворювальні функції: меліоративну (лісові культури, посадки і посів рослин на рекультивованих землях), сануючу (санітарно-захисні смуги і просто лісові масиви), рекреаційну (парки і лісопарки), інженерно-захисну (полезахисні та протиерозійні смуги), архітектурно-планувальну (міська система озеленення), етико-естетичну (духовне виховання людини). Важливе місце відводиться фітомеліорації девастованих ландшафтів – еродованих земель, кар'єрів, звалищ, териконів тощо.

Завдання на самопідготовку

Закріпити отримані на лекції знання та підготувати доповіді на тему:

1. Збалансоване використання та відтворення природних ресурсів.
2. Фізичне забруднення.
3. Енергетичні ресурси техносфери
4. Антропогенне забруднення компонентів довкілля в Україні.

Питання для самоконтролю

1. Дайте загальну характеристику техносфери.
2. Що таке природні ресурси? Надайте природну, екологічну та господарську класифікації природних ресурсів.
3. Дайте визначення поняттям «забруднення», «забруднювальна речовина».
4. Яким чином можна класифікувати різні види забруднення довкілля? Дайте їм характеристику.
5. Що таке ксенобіотики? Які ксенобіотики Вам відомі?
6. Якими відходами характеризуються різні галузі промисловості?
7. Що Ви розумієте під ресурсозберігаючими та маловідходними технологіями?
8. Опишіть основні способи очищення викидів в атмосферу.
9. Які основні методи очищення стічних вод Вам відомі?
10. Охарактеризуйте процес фітомеліорації. Опишіть три категорії фітомеліорантів і функції, що вони виконують.

ЛЕКЦІЯ 2. ЗНАЧЕННЯ ЕНЕРГЕТИКИ ДЛЯ РОЗВИТКУ ЕКОНОМІКИ КРАЇНИ. ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКА, ЇЇ ВПЛИВ НА ДОВКІЛЛЯ

План

- 2.1. Значення енергетики для розвитку економіки країни.
 - 2.2. Теплоенергетика, принцип роботи ТЕС.
 - 2.3. Природні ресурси, які використовуються у теплоенергетиці.
 - 2.4 Вплив ТЕС на довкілля.
- Завдання на самопідготовку

2.1 Значення енергетики для розвитку економіки країни

Енергетика (англ. *energy industry*) охоплює *паливну промисловість* та *електроенергетику* з їх підприємствами, комунікаціями, системами управління, науково-дослідною базою.

Електроенергетика (англ. *power engineering*) – провідна галузь енергетики, що охоплює виробництво, передачу та розподіл електроенергії.

Енергетика – основа розвитку господарства. Вона забезпечує технологічні процеси в промисловості, дає тепло і світло людям. Це система галузей, що охоплює паливну промисловість та електроенергетику з їх підприємствами, комунікаціями, системами управління, науково-дослідною базою. Підприємства енергетики ведуть розвідку, освоєння, переробку та транспортування енергоносіїв, виробництво та передачу електроенергії і тепла. Більшість виробничих об'єктів системи знаходяться під контролем одних і тих самих угруповань капіталу. В світовому господарстві – це великі транснаціональні корпорації.

Робота енергетики оцінюється за показниками рівня забезпеченості країн носіями, рівня енергоспоживання в окремих країнах, пропорціями паливно-енергетичного балансу країн і світу в цілому. Як енергоносії людство використовувало мускульну силу, деревину, рушійну енергію Сонця тощо. В наш час основними енергоносіями стали вуглеводи і їх сполуки (нафта, газ, вугілля) та ядерне паливо. Як альтернативні джерела майбутнього розглядається енергія Сонця, геотермічна енергія Землі, водень, термоядерна енергія.

Енергозабезпечення світу станом на початок 90-х років за розмірами споживання становило 11 млрд тонн умовного палива (т у.п.) у вугільному еквіваленті. *Умовне паливо* – прийнята при розрахунках одиниця обліку органічного палива, тобто нафти та її похідних, природного і спеціально одержуваного при перегонці сланців і кам'яного вугілля, газу, торфу – яка використовується для числення корисної дії різних видів палива в їх сумарному обліку. Основний показник палива – питома теплота згоряння. Поняття умовного палива введено для цілей порівняння видів палива. За одиницю умовного палива (у.п.) приймається теплотворна здатність 1 кг кам'яного вугілля = 29,3 МДж або 7000 ккал. Міжнародне енергетичне агентство (ІЕА) прийняло за одиницю нафтовий еквівалент, зазвичай позначається аббревіатурою ТОВ

(англ. Tonne of oil equivalent). Одна тонна нафтового еквівалента дорівнює 41,868 ГДж або 11,63 МВт·год.)

Найбільші енергоспоживачі: США – 25 % енергоспоживання світу, Росія – близько 10 %, Китай – 9 %, Японія – 5,5 %, ФРН – 7,3 %. Енергоспоживання України (близько 3 %) співмірне з показниками Великобританії, Франції, Канади та Індії.

Споживання енергії в світі особливо швидко зростало в другій половині ХХ ст. У цей період енергетика розвивалася випереджаючими темпами, енергомісткість виробництва (тобто затрати палива та електроенергії на одиницю продукції) на перших етапах НТР була високою. На межі 80-90-х років темпи приросту енергоспоживання знизилися – світ ступив на шлях впровадження енергозберігаючих технологій, тобто технологій, які забезпечують зниження енерговитрат.

Протягом ХХ ст. істотно змінилася структура паливно-енергетичного балансу світового господарства. Якщо в першій половині ХХ ст. в енергобалансі світового господарства переважало вугілля і мали важливе значення дрова, то в останні десятиліття провідну роль відіграють нафта і газ. Кілька десятиліть на їх частку припадали 3/5 обсягу енергоспоживання. У ХХІ ст. їх частка може знизитися, водночас збережеться значення споживання вугілля і дещо збільшиться ролі ядерної енергетики і нетрадиційних (альтернативних) джерел енергії.

Рівень розвитку електроенергетики – один з найважливіших показників науково-технічного прогресу. Обсяги виробництва електроенергії та її виробництво на душу населення опосередковано визначають економічний потенціал та економічний рівень розвитку тієї чи іншої країни.

Світове виробництво електроенергії перевищило 12 млрд кВт·год, 2/3 її виробляється на теплових (ТЕС), 1/6 – гідравлічних, 1/6 – на атомних електростанціях. Теплові станції використовують як паливо переважно вугілля та мазут, оскільки нафта та газ більш цінні енергоносії. Будівництво ТЕС порівняно дешеве, але несприятливим є екологічний вплив – забруднення атмосфери та теплове забруднення. Гідро-електростанції, навпаки, дорогі в будівництві, але дають дешеву енергію, їх будівництво залежить від запасів гідроресурсів, які зосереджені в гірських районах Азії та азіатської частини колишнього СНД, Північної та Південної Америки, екваторіальної Африки.

Роль атомних електростанцій безперервно зростає. Станом на 1995 рік у світі вже працювало 428 реакторів загальною потужністю 358 млн кВт, 108 реакторів 30 % потужностей) було в США, 55 (17 % потужностей) – у Франції, 49 (10 % потужностей) – в Японії, більш як по 10 реакторів мали ФРН, Канада, Великобританія, Росія, Україна, Швеція та Республіка Корея (кожна з країн 4-6 % світових потужностей АЕС). В окремих країнах частка електроенергії, що виробляється на атомних станціях, винятково велика. Так, у Франції АЕС виробляють 3/4 електроенергії країни, в Бельгії та Литві – 3/5, в Україні, Швеції, Угорщині, Словаччині і Республіці Корея – понад 1/3. Видобуток урану для атомної енергетики світу зосереджений у невеликій групі

країн: Канаді, ПАР, Австралії, Нігері, Франції, ФРН, Україні, Казахстані, Узбекистані.

Україна належить до держав недостатньо забезпечених власними енергоресурсами. За цим показником вона відстає від країн Західної Європи, в тому числі й таких, як Німеччина і Франція. Окремими видами палива Україна забезпечена лише на 20-30 % і тільки вугіллям – на 100 %. Водночас вона має найбільш енергомістку економіку. Енергомісткість національного доходу України у 4-6 разів вища, ніж США, Японії та країн Західної Європи. Споживання умовного палива на душу населення у нас становить приблизно 6,5 т, тоді як у перелічених країнах тільки 4,2-5,5 т. Основними видами енергоресурсів в Україні є кам'яне вугілля, нафта, газ, атомна і водна енергія.

Протягом останніх років Україна зазнає важкої енергетичної кризи, викликаній прискоренням розвитку енергомістких галузей господарського комплексу, безплатним і марнотратним використанням енергоносіїв, відсталими технологіями, виснаженням і деградацією розвідних покладів вугілля, нафти і газу, через що їх видобуток постійно зменшується.

2.2 Теплоенергетика, принцип роботи ТЕС

Теплоенергетика – галузь енергетики, в якій електроенергія виробляється на теплових електростанціях (ТЕС), що використовують для цього хімічну енергію органічного палива.

Типи теплових електростанцій:

- паротурбінні електростанції – енергія перетворюється за допомогою паротурбінної установки;
- газотурбінні електростанції – енергія перетворюється за допомогою газотурбінної установки;
- парогазові електростанції – енергія перетворюється за допомогою парогазової установки.

Енергетика таких країн, як Польща і ПАР практично повністю заснована на використанні вугілля, а Нідерландів – на використанні газу. Дуже велика частка теплоенергетики в Китаї, Австралії, Мексиці.

Теплова електростанція (ТЕС), електростанція, в якій первинна енергія має хімічну форму і вивільняється шляхом спалювання вугілля, рідкого палива чи газу; на парових електростанціях (з [паровими турбінами](#)) у топці парового котла відбувається перетворення хімічної енергії палива в тепло газів – продуктів згоряння; це тепло передається воді та водяній парі, пара з котла надходить до парової турбіни, де тепло перетворюється на кінетичну енергію обертання електрогенератора, з'єднаного з турбіною; відпрацьована в турбіні пара надходить до конденсатора і віддає тепло охолоджувальній воді (наприклад, з ріки); для остигання ця вода подається у градирні, ставки-охолоджувачі або ж у теплові мережі для забезпечення населених пунктів гарячою водою та опалення; на деяких електростанціях застосовують замість парової газової турбіну.

Найпотужніші теплові електростанції України:

- Бурштинська ТЕС – 2400 МВт,
- Вуглегірська ТЕС – 3600 МВт,
- Добротвірська ТЕС – 600 МВт,
- Запорізька ТЕС – 3600 МВт,
- Зуївська ТЕС – 1200 МВт,
- Зміївська ТЕС – 2400 МВт,
- Курахівська ТЕС – 1400 МВт,
- Криворізька ТЕС – 3000 МВт.

2.3 Природні ресурси, які використовуються у теплоенергетиці

Викопне вугілля (англ. *fossil coal*) – тверда осадова порода, горюча копалина, утворена шляхом вуглефікації рослинних залишків.

Викопне вугілля – один з найпоширеніших видів корисних копалин, вони виявлені на всіх континентах земної кулі. Відомо близько 3000 вугільних родовищ і басейнів. Існують різні оцінки загальних світових запасів викопного вугілля – від 3,7 до 16 і більше трильйонів тон. Викопне вугілля становить близько 87,5 % викопного палива Землі.

Вугілля, нагріте до високих температур без доступу повітря, розкладається з утворенням рідких і газоподібних продуктів (в основному вуглеводнів), які називаються леткими речовинами. Твердий продукт, що виникає в результаті термічного розкладу вугілля, називається *коковим залишком* або *корольком*. Вміст і склад летких речовин залежать від *термічної дії* (температури і тривалості нагріву). Вихід летких речовин залежить від стадії метаморфізму. В багатьох класифікаціях вихід летких речовин використовується як параметр, що характеризує стадію метаморфізму і промислову марку вугілля.

Вугілля утворюється в умовах, коли гниючий рослинний матеріал накопичується швидше, ніж відбувається його бактерійне розкладання. Ідеальні умови для цього є в болотах, де стояча вода збіднена киснем, перешкоджає життєдіяльності бактерій і тим самим оберігає рослинну масу від повного руйнування. На певній стадії процесу, кислоти, які виділяються в його ході, запобігають подальшій діяльності бактерій. Так виникає торф – початковий продукт для утворення вугілля. Якщо потім відбувається його поховання під іншими наносами, то торф під дією стиснення втрачаючи воду і гази, перетворюється у вугілля.

Під тиском товщі осадів потужністю 1 кілометр з 20-метрового шару торфу виходить пласт *бурого вугілля* завтовшки 4 метри. Якщо глибина поховання рослинного матеріалу досягає 3 кілометри, то такий же шар торфу перетвориться на пласт *кам'яного вугілля* завтовшки 2 метри. На більшій глибині, близько 6 кілометрів, і при вищій температурі 20-метровий шар торфу стає пластом *антрациту* завтовшки в 1,5 метра.

В результаті руху земної кори, вугільні пласти зазнавали підняття і складкоутворення. З часом підняті частини руйнувалися за рахунок ерозії, а опущені зберігалися в широких неглибоких басейнах, де вугілля знаходиться на рівні не менше 900 метрів від земної поверхні.

Антрацит утворився з кам'яного вугілля на глибинах ~6 км;

– склад: *C* 92-97 %, *H* 2-3 %, *O* 2-3 %, *N* 1 %, *P* 0,01 %, *вологи* 2-4 %, *золи* 3-9 %, *летких речовин* 2-8 %, *S* 1-3 %;

– твердий, високої щільності, блискучий різновид вугілля;

– питома теплота згоряння $q = 33-35$ МДж/кг;

– горить без полум'я, диму і запаху, але погано спалахує;

– ~1 % від світових запасів вугілля, ~11,3 % в структурі балансових запасів вугілля України (Донецький басейн);

– застосовується як високоякісне енергетичне паливо, як сировина у чорній та кольоровій металургії, хімічній та електротехнічній промисловості тощо, при виготовленні абразивів, відновлювачів, електродів.

Кам'яне вугілля утворилось ~300-350 млн років тому з бурого вугілля на глибинах ~3 км;

– склад: *C* 75-92 %, *H* 2,5-5,7 %, *O* 1,5-15 %, *вологи* 1-12 %, *летких речовин* 2-48 %;

– $q = 30,5-36,8$ МДж/кг,

– використовується як енергетична сировина; для виробництва коксу з отриманням великої кількості хімічних продуктів (нафталін, феноли, пек тощо), на основі яких одержують добрива, пластмаси, синтетичні волокна, лаки, фарби і т.і; для отримання рідкого палива шляхом гідрогенізації, переробляють у активне вугілля, штучний графіт; вилучається ванадій, германій, сірка, галій, молібден, цинк, свинець

Буре вугілля – наймолодше вугілля, утворилось на глибинах ~1 км;

– склад: *C* 50-77 %, *H* 26-37 %, *O* 3-5 %, *N* 0-2 %, *S*, *вологи* ≤ 43 %, *летких речовин* ≤ 50 %;

– $q = 22-31$ МДж/кг,

– легко спалахує, виділяє мало тепла, підвищене утворення золи, диму і SO₂;

– використовується як місцеве паливо, як хімічна сировина, для перегонки у рідке вуглеводневе паливо.

Нафта – складна суміш вуглеводнів різних класів з невеликою кількістю органічних кисневих, сірчистих і азотних сполук, що являє собою густу оліїсту рідину.

– походження нафти і газу – питання дискусійне;

– має характерний запах, легша за воду, у воді нерозчинна;

– $q = 43,7-46,2$ МДж/кг;

– склад: парафінові (30-35, рідше 40-50 об'ємних %), нафтеніві (25-75 %), ароматичні (10-20, рідше до 35 %), змішаної будови;

- світові запаси нафти складають >137,5 млрд т (74 % в Азії, у тому числі > 66 % на Близькому Сході);
- ресурси України ~1,33 млрд т;
- найважливіше джерело рідкого палива, мастил, сировина для синтетичних матеріалів тощо. На ТЕС використовується найчастіше мазут, що отримують при переробці нафти.

Мазут (англ. *black oil*) – маслянистий залишок нафти після відбирання із неї світлих дистилатів – бензину, гасу, газойлю, що википають до 350-360°C; $q = 39,4-40,7$ МДж/кг. Вихід мазуту становить ~50% маси з розрахунку на початкову нафту.

Природний газ – це суміш газоподібних вуглеводнів, що утворюється в земній корі;

- хімічний склад: метан – до 98 %, етан, пропан, бутан, тощо, а також H_2 , H_2S , CO_2 , N_2 , He;
- не має кольору і запаху (як одорант використовують етилмеркаптан – C_2H_5SH , тощо);
- $q = 16-34$ МДж/м³;
- створює задушуючу дію на організм людини;
- 21,4 % світових запасів належать Росії. На 2-му місці – Іран (15,9 %);
- Україна має 561 млрд м³ розвіданих запасів (33-є місце у світі). Нерозвідані запаси оцінюються в 4,5 трлн м³);
- використовується як високоекологічне паливо на ТЕС, у чорній та кольоровій металургії, цементній та скляній промисловості, у процесі виробництва будматеріалів та для комунально-побутових потреб, тощо.

Горючі сланці – осадові породи, що містять в основному аквагенну органічну речовину (вимерлих морських і озерних тварин, тощо).

- під сланцями взагалі розуміють такі викопні матеріали, в яких разом з органічними міститься велика кількість мінеральних речовин (>40 %);
- легко спалахують і горять полум'ям, що коптить;
- загальні запаси у світі ~650 трлн тонн
- на території України є на правобережжі Дніпра, в межах Дніпровсько-Донецької западини, в Карпатах і Кримських горах;
- кількість горючих речовин в українських горючих сланцях 12-35 %, $q = 3,75-10,0$ МДж/кг, вміст сірки на суху масу 1,5-3,5 %;
- використовують як місцеве паливо, сировина для отримання рідких палив, терпких будівельних матеріалів, бітумів, олив, фенолів, бензолу, толуолу й інше;
- зі сланцевих родовищ видобувають сланцевий газ, для цього в них застосовується горизонтальне буріння і гідравлічний розрив.

2.4 Вплив ТЕС на довкілля

ТЕС, споживаючи енергоресурси у вигляді твердого, рідкого і газоподібного палива, виробляють електричну (до 75 % загального вироблення електроенергії світу) і теплову енергію, при цьому вся матеріальна маса палива перетворюється у відходи, що надходять у навколишнє середовище у вигляді газоподібних і твердих продуктів згорання. Ці відходи в кілька разів (при спалюванні газу в 5, а при спалюванні антрациту в 4 рази) перевищують масу використаного палива.

Теплове забруднення. Тільки приблизно 30 % потенційної енергії палива перетворюється сьогодні на ТЕС в електроенергію, а 70 % її розсіюється в навколишньому середовищі, з них 10 % припадає на гарячі гази, що викидаються через димові труби. Пароконденсатні факели градирень можуть призводити до туманів і мрячних опадів, що поширюються на кілька кілометрів.

Разом з тепловим забрудненням повітря спостерігається аналогічне забруднення і водойм. Велика кількість води використовується ТЕС в різних теплообмінних пристроях для конденсації відпрацьованої пари, водо-, масло-, газо- і повітряохолодження. Для цих цілей вода забирається з якого-небудь поверхневого джерела і після використання у зазначених пристроях повертається назад в ті ж джерела. Ця вода вносить у водойму велику кількість теплоти і створює їх теплове забруднення. Такого роду забруднення впливає на біологічні та хімічні процеси, що визначають життєдіяльність рослинних і тваринних організмів, що населяють природні водойми, і нерідко призводить до їх загибелі, інтенсивному випаровуванню води з поверхонь водойм, зміни гідрологічних характеристик стоку, підвищення розчинності порід в ложах водойм, погіршення їх санітарного стану і до зміни мікроклімату в окремих районах.

Вплив ТЕС на атмосферу

Розміри викидів в навколишнє середовище продуктів згорання визначаються видом і якістю палива, а також методом його спалювання.

Продукти згорання вугілля:

- летюча зола,
- частинки незгорілого пилоподібного палива (сажа),
- сірчаний (SO_3) і сірчистий (SO_2) ангідрид,
- оксиди азоту (NO , NO_2),
- газоподібні продукти неповного згорання (CO , CH).

Продукти згорання мазуту містять також сполуки ванадію, кокс, солі натрію, частинки сажі. У золі деяких видів палива присутній миш'як, CaO , SiO_2 .

Природний газ найбільш екологічно чистий вид палива, але й найдорожчий; зазвичай його використовують на міських ТЕЦ.

Найбільш «брудне» паливо – горючі сланці, торф, буре вугілля. При їх спалюванні утворюється найбільше пилових частинок і оксидів сірки.

ТЕС світу щорічно викидають в атмосферу Землі >200 млн т CO; >50 млн т вуглеводнів; ~150 млн т SO₂; >50 млн т NO_x; 250 млн т дрібнодисперсних аерозолів.

Характеристика основних забруднюючих атмосферу речовин ТЕС:

Летуча зола (клас небезпеки III) – тверді частки негорючих елементів вугілля (в основному – SiO₂, Fe₂O₃, Al₂O₃, MgO, CaO, SO₃, незначна кількість миш'яку і важких металів). Найбільшу небезпеку для людини становлять частинки розміром 0,5...5 мкм, більш великі затримуються в порожнині носа, більш дрібні – видихаються. Наведені оксиди мають абразивні властивості та здатні руйнувати тканину легенів, в результаті чого може розвинутися силікоз, склероз легенів. Миш'як і важкі метали є отрутами накопичувального типу.

Вуглецю двоокис (вуглекислий газ) CO₂ (IV). Безбарвний газ зі слабким кислуватим запахом. Не токсичний, але не підтримує дихання. Велика концентрація в повітрі викликає задуху. При конц. 1,5-3 % виникає гіпоксія (тривалістю до кількох діб), головні болі, запаморочення, нудота. Парниковий газ. Є кінцевим продуктом горіння вуглецю та його сполук

Сірчистий ангідрид (діоксид сірки) SO₂ (III). Безбарвний газ з характерним різким запахом. Токсичний. У легких випадках отруєння подразнює слизові; при гострих отруєннях – крім того, головний біль, запаморочення. Хронічне отруєння проявляється атрофічним ринітом, поразкою зубів, бронхітом з нападами задухи. Можливі ураження печінки, системи крові, розвиток пневмосклерозу. Утворюється при окисненні сірки, що міститься в паливі

Азоту діоксид (двоокис азоту) NO₂ (II). При високих концентраціях бурий газ з задушливим запахом. Діє як гострий подразник. Під впливом сонячної радіації та при наявності незгорілих вуглеводнів вступають в реакції з утворенням фотохімічного смогу. Спричиняє утворення кислотних опадів. При спалюванні безазотного палива NO_x утворюються при взаємодії азоту і кисню повітря в умовах високотемпературного горіння (> 1000 К).

Сажа (III). Дисперсний вуглецевий продукт неповного згорання. Сажеві частинки не взаємодіють з киснем повітря і тому видаляються тільки за рахунок коагуляції і осадження, які йдуть дуже повільно. Канцероген, сприяє виникненню рака шкіри і дихальних шляхів.

Вплив ТЕС на гідросферу

Два шляхи забруднення:

- через скидання забруднених та підігрітих стічних вод,
- в результаті осадження та вимивання атмосферними опадами зважених часток, що викидаються з димових труб.

Наслідки:

- евтрофікація водойм («цвітіння»),
- підвищення кислотності (рН),
- забруднення нафтопродуктами, важкими металами, тощо.

Стічні води (будь-які потоки води, що виводяться з циклу виробництва) ТЕС:

- вода систем охолодження (*теплове забруднення*),
- скидні води систем гідрозолоуловлювання (*зважені речовини, підвищені мінералізація і лужність*),
- відпрацьовані розчини після хімічних промивок теплосилового обладнання (*розчини кислот, інгібітори корозії, ПАР, трилон-Б, нітриту, аміак, тощо*),
- регенераційні і шламові води від водоочисних (водопідготовчих) установок (*солі кальцію, магнію, натрію, алюмінію, заліза*),
- забруднені *нафтопродуктами* стоки, розчини і суспензії, що виникають під час обмивання зовнішніх поверхонь нагріву, тощо

Характеристика основних забруднюючих гідросферу речовин ТЕС

Нафтопродукти (IV) викликають появу у води запаху і присмаку гасу. Плівка на поверхні порушує процес газообміну і перешкоджає проникненню в воду світлових променів, забруднює береги і прибережну рослинність. Вода стає непридатною для пиття. Велика шкода наноситься рибному господарству і водоплавним птахам; гине планктон.

Кислоти і луги змінюють показник рН води водойми. При рН > 9,5 у риб руйнується шкірний покрив, тканини плавників і зябра, водні рослини пригнічуються, погіршується самоочищення водойми. При рН < 5 неорганічні і органічні кислоти здійснюють на риб токсичний вплив

Сполуки ванадію мають здатність накопичуватися в організмі, викликати зміни в органах кровообігу, дихання, в нервовій системі: призводять до порушення обміну речовин і алергічних уражень шкіри.

Сполуки заліза утворюються в результаті впливу кислоти на метал теплоенергетичного обладнання. Солі заліза мають загальнотоксичну дію, а сполуки тривалентного (окисного) заліза діють обпікаюче на травний тракт.

Сполуки нікелю вражають тканину легенів, викликають функціональні порушення центральної нервової системи, шлункові захворювання, зниження кров'яного тиску.

Сполуки міді мають загальнотоксичну дію і при надмірному попаданні в організм викликають захворювання шлунково-кишкового тракту. Для риб небезпечні навіть незначні концентрації міді.

Нітриту та нітрата. Вживання води з наднормативним вмістом може викликати важку *метгемоглобінемію*. Крім того, нітрата несприятливо впливають на вищих безхребетних і риб

Аміак і солі амонію гальмують біологічні процеси у водоймах і високотоксичні для риб. Крім того, амонієві солі в результаті біохімічних процесів окислюються до нітратів.

Трилон Б. Токсичний для мікроорганізмів, у тому числі для тих, які беруть участь у процесах біохімічного очищення. Комплекси з солями заліза забарвлюють воду водойми і надають їй неприємний запах.

Інгібітори корозії ОП-7, ОП-10 надають запах воді і специфічний присмак риби.

Гідразин, сполуки фтору, миш'яку, ртуті отруйні як для людини, так і для фауни водойм.

Шлам, що знаходиться в скидних водах передочісток водопідготовчих установок, містить органічні речовини. Сприяє зниженню вмісту кисню у водоймах через окислення цих органічних речовин, що може призвести до порушення процесів самоочищення водойми, а в зимовий час до розвитку замору риби. Вміщені в шламі пластівці оксидів заліза і надлишок вапна вражають слизову зябер у риби, приводячи її до загибелі.

Вплив ТЕС на ґрунти

Джерела забруднення:

1. Великий ареал забруднення в результаті осадження та вимивання атмосферними опадами зважених часток, що викидаються з димових труб.

2. Менш значний за масштабом вплив, що обмежується територіями виділених об'єктів або прилеглої їх периферії на відстані 50-100 м, надають золівдвал, вугільний склад, мазутогосподарство, склад паливо-мастильних матеріалів та ін.

Одна ТЕС середньої потужності щорічно викидає у відвали до 1 млн тонн золи та шлаку, а ТЕС, що спалює багатозольне паливо, – до 5 млн тонн.

Шлак утворюється в результаті злипання розм'якшених частинок золи в об'ємі топки і накопичується в шлаковому бункері під топкою. Розмір зерен шлаку 1-50 мм.

Зола уноситься з топки з димовими газами (*зола винесення*) і вловлюється при їх очищенні в циклонах і електрофільтрах. Розмір часток золи менше 1 мм. Зола ТЕС відноситься до 3 класу небезпеки.

Завдання на самопідготовку

Закріпити отримані на лекції знання та підготувати доповіді на тему:

1. Екологічні проблеми видобування і транспортування вугілля.
2. Екологічні проблеми видобування і транспортування нафти.
3. Екологічні проблеми видобування і транспортування природного газу.
4. Гідрогенізація вугілля.
5. Аварії на ТЕС, вплив на довкілля.
6. Вплив високовольтних ліній електропередач на довкілля.

Питання для самоконтролю

1. Охарактеризуйте значення енергетики для розвитку економіки країни.
2. Охарактеризуйте рівень енергозабезпеченості України.
3. Що таке теплоенергетика? Які типи теплоелектростанцій Вам відомі?
4. Опишіть принцип роботи ТЕС. Наведіть найпотужніші ТЕС України.
5. Охарактеризуйте природні ресурси, що використовуються у теплоенергетиці.
6. Дайте характеристику впливу ТЕС на довкілля.

ЛЕКЦІЯ 3. ЗАХОДИ ОХОРОНИ ДОВКІЛЛЯ НА ТЕПЛОЕЛЕКТРОСТАНЦІЯХ

План

3.1. Заходи охорони атмосферного повітря.

3.2. Заходи охорони гідросфери.

3.3. Утилізація відходів.

Завдання на самопідготовку

3.1 Заходи охорони атмосферного повітря

Для охорони повітря при роботі ТЕС необхідно:

1. використовувати якісне паливо, в тому числі з мінімальним вмістом сірки і домішок;

2. раціонально організувати процеси горіння палива на оптимальному, стабільному режимі роботи з максимальним ККД;

3. застосовувати сучасне газоочисне обладнання, в тому числі електрофільтри для пиле- і золоочистки з ефективністю до 99,3 %, розпилюючі абсорбери для очищення газів від SO₂, NO_x тощо;

4. обладнувати високими, до 100-200 і більше метрів, димарями, що зменшує концентрації шкідливих сполук у приземному шарі, хоча і призводить також до збільшення площі їх розсіювання.

Принцип роботи **електрофільтру**:

- при проходженні газу в електричному полі між *коронуючими* (високовольтними) і *осаджуючими* (заземленими) електродами виникає електрична зарядка зважених часток газу, які рухаються до осаджувальних електродів і осідають на них;

- еріодично пил з електродів струшується за допомогою спец. молотків в бункер, розташований у днищі.

Переваги електрофільтрів:

- можливість роботи при високих температурах до 425 °С, в середовищі перенасиченому вологою, в агресивних середовищах;

- низький гідравлічний опір установки ~200 Па;

- низькі експлуатаційні витрати;

- простота в обслуговуванні;

- висока надійність вузлів і механізмів

Недоліки електрофільтрів:

- висока чутливість процесу електричної фільтрації газів до відхилень від заданих параметрів технологічного режиму;

- чутливість до незначних механічних дефектів в активній зоні апарату,

- не застосовуються, якщо газ являє собою вибухонебезпечну суміш.

Розпилюючі абсорбери – скрубери (рис. 3.1). Робота ґрунтується на процесі *абсорбції* – поглинання газів або парів з газових або парогазових сумішей рідкими поглиначами – абсорбентами.

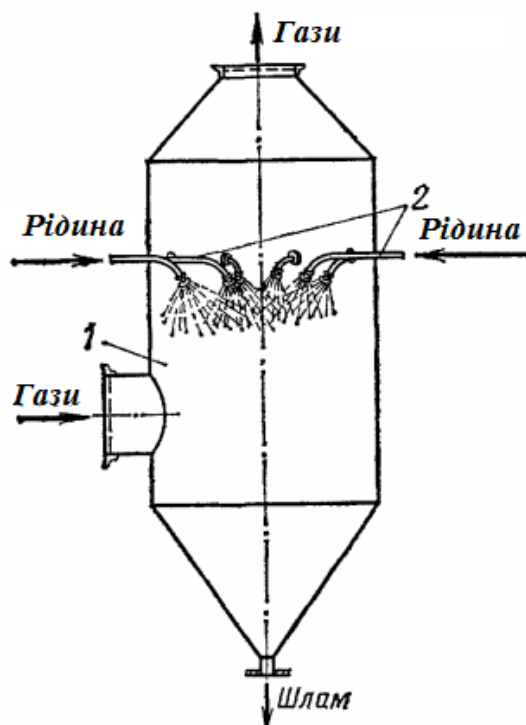
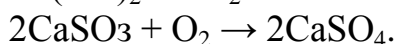
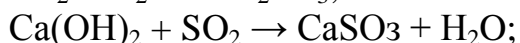
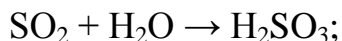


Рисунок 3.1 – Принципова схема очищення газів у скрубери

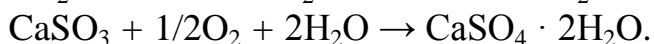
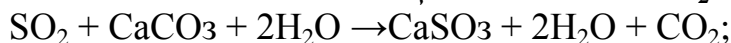
Фізична абсорбція – поглинання речовини відбувається за рахунок її розчинення. *Хемосорбція* – відбувається хімічна взаємодія з абсорбентом.

Абсорбційну очистку викидів застосовують як для вилучення цінного компонента з газу, так і для санітарної очистки газу. Доцільно застосовувати абсорбцію, якщо концентрація даного компонента в газовому потоці > 1 %. Поєднуючи абсорбцію з десорбцією, можна багаторазово використовувати майже без втрат абсорбент в замкнутому контурі апаратів. З ростом тиску і зниженням температури швидкість абсорбції збільшується

Вапняний метод очищення газів від SO₂:



Вапняковий метод очищення газів від SO₂:



Переваги вапняного і вапнякового методів:

- простота технологічної схеми,
- доступність і дешевизна сорбенту,
- відносно малі капітальні витрати,

- можливість очищення газу без попереднього охолодження і знепилювання

Недоліки вапняного і вапнякового методів:

- низький коефіцієнт використання вапняку, що залежить від типу застосовуваного мінералу і досягає, як правило, 40-50 %;

- утворення великої кількості *шламу*, який важко піддається вторинній переробці;

- схильність забивання кристалічними відкладами абсорбційної апаратури та рідинних комунікацій.

Магnezитовий метод очищення газів від SO₂ полягає у взаємодії SO₂ з суспензією Mg(OH)₂. Кристалічний сульфат магнію піддають сушці і випалу, отримуючи при цьому концентрований потік SO₂ і MgO. Окис магнію повертається в цикл, а SO₂ направляється на переробку.

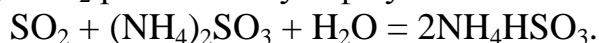
Переваги методу: його циклічність, висока ефективність (ступінь очищення 90-92 %), можливість утилізації SO₂.

Недоліки методу:

- велика кількість твердофазних стадій, що призводить до сильного абразивного зносу апаратури та забруднення середовища твердими частинками;

- значні енергетичні витрати на розкладання сульфіту і сульфату магнію.

Аміачно-циклічний метод очищення газів від SO₂. В основі методу лежить процес абсорбції SO₂ розчином сульфіту амонію:



Після промивання газів розчин бісульфіта амонію піддають нагріванню з утворенням концентрованого сірчистого ангідриду і сульфіту амонію: $2\text{NH}_4\text{HSO}_3 + \text{Q} = (\text{NH}_4)_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2$. Сірчистий ангідрид використовується для отримання кислоти або елементарної сірки, а сульфит амонію використовується повторно.

Переваги методу: практична відсутність витрат реагентів і невелика витрата теплової енергії на відновлення (NH₄)₂SO₃.

Недоліки методу: все обладнання повинно мати кислотостійке виконання, досить складна експлуатація установки

Розсіювання димових газів. При неможливості або високій вартості очищення димових газів до необхідного ступеня вдаються до їх розсіювання в атмосфері. Завдання розсіювання: щоб димові гази перемішалися у великому обсязі повітря, і концентрація забруднюючих речовин на рівні землі була ≤ ГДК.

Димові гази викидають в атмосферу через одну або кілька димових труб, які виготовляють з металу, цегли або залізобетону. Труби з металу споруджують висотою ≤ 80 м, з цегли ≤ 120 м, з залізобетону – 200, 300 м і більше.

3.2 Заходи охорони гідросфери

Найбільше практичне значення мають наступні методи стічних вод ТЕС: відстоювання, флотація, фільтрування, коагуляція і сорбція, вапнування, розкладання і окислення речовин, випарювання, зворотній осмос, електродіаліз. Розглянемо деякі з них подрібніше.

Відстоювання. Метод механічного очищення стічних вод, який ґрунтується на гравітаційній здатності до осадження або, навпаки, піднімання на поверхню грубодисперсних речовин, з подальшим розділенням.

Різновиди апаратів очищення на ТЕС: відстійники, нафтоловушки, смоло-жировловлювачі. Вибір типу і конструкції залежить від кількості і складу стічних вод, характеристик осаду, що утворюється (ущільнення, здатність до транспортування).

Відстійники (рис. 3.2). Число відстійників – не менше двох, але і не більше чотирьох, йдучи по шляху збільшення габаритів відстійників. Ефективність ~ 40...60 % при відстоюванні 1...1,5 год.

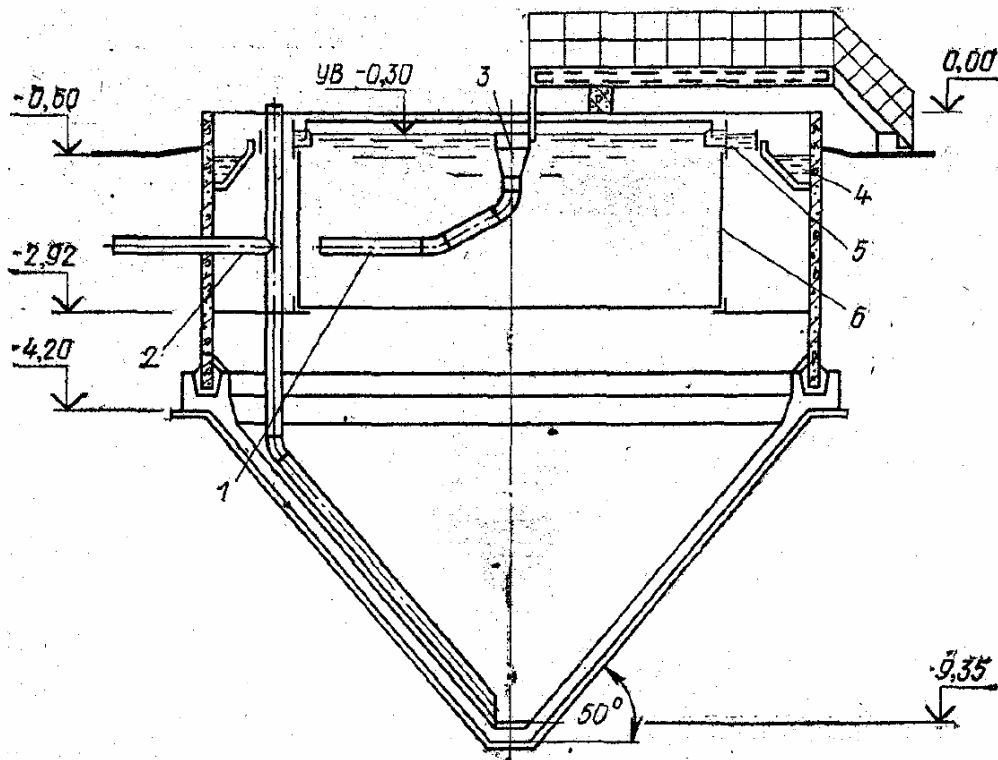


Рисунок 3.2 – Принципова схема відстійника:

1 - трубопровід для видалення плаваючих речовин; 2 - трубопровід для видалення осаду; 3 - приймальна воронка для відводу плаваючих речовин; 4 - периферійний лоток для збору освітленої води; 5 - зубчастий водозлив; 6 - кільцева напівзаглибна перегородка

Нафтопастки застосовуються для очищення стічних вод, що містять грубодисперговану нафту і нафтопродукти при концентрації >100 мг/л. Три типи: горизонтальні, багатоярусні і радіальні.

Горизонтальна пастка – відстійник, розділений вертикальними стінками на секції. Спливаюча нафта скребковим механізмом пересувається до щілинних поворотних труб і відводиться. Осад твердих часток згрібається в приямок, з якого видаляється гідроелеватором. Залишковий вміст нафтопродуктів – 100 мг/л.

Флотація полягає в утворенні комплексів «частки-бульбашки», їх спливанні, і видаленні пінного шару, що утворюється, з поверхні оброблюваної рідини. Застосовується для видалення із стічних вод масел, нафтопродуктів, жирів, смол, гідроксидів, поверхнево активних речовин (ПАР) та ін. органічних речовин, твердих часток з гідравлічною крупністю $< 0,01$ мм/с, полімерів, волокнистих матеріалів, а також для поділу мулових сумішей. Для інтенсифікації процесу у воду додають реагенти: збирачі, піноутворювачі.

Фільтрування у гідроциклоні застосовується для розділення суспензій, емульсій, аерозолів у полі відцентрових сил.

Коагуляція – процес освітлення і знебарвлення води із застосуванням хімічних реактивів-коагулянтів, які при взаємодії з гідрозолями і розчинними домішками води утворюють осад. Застосовується для видалення усіх колоїдних часток різної природи з розміром < 1 мкм, які не піддаються ні осадженню, ні флотації, ні фільтрації, і є причиною неприємного запаху, кольору і каламутності води.

Процес коагуляції проводиться в два етапи:

1. швидке *змішування флокулянту* (зазвичай сульфат алюмінію) з водою у спец. резервуарах. Триває близько однієї хвилини (менші інтервали призводять до гіршого розподілу коагулянту; великі можуть призвести до руйнування флокул, що утворилися);

2. власне *флокуляція* (зазвичай від півгодини до 45 хвилин). У процесі флокуляції вода проходить через кілька резервуарів, де поступово зменшується швидкість перемішування води

Зворотній осмос – процес, в якому за допомогою тиску примушують розчинник (зазвичай воду) проходити через напівпроникну мембрану з більш концентрованою в менш концентрований розчин, тобто у зворотному для осмосу напрямку. При цьому мембрана пропускає розчинник, але не пропускає деякі розчинені в ньому речовини.

3.3 Утилізація відходів

При використанні оборотної системи водопостачання підвищення температури у водосховищах-охолоджувачах ТЕС в певних умовах може виявитися для народного господарства економічно цілком виправданим. Такі водосховища можна заселяти теплолюбними рослиноїдними рибами. Підігріта вода може використовуватися також для обігріву теплиць і т. п. Використання відходів теплоти дозволяє в цьому випадку створювати так звані енергобіологічні комплекси, над розвитком і вдосконаленням яких працює широке коло науковців.

Золошлакові відходи ТЕС можуть служити в якості добавок у виробництві керамічних виробів на основі глинистих порід, а також основної сировини для виготовлення зольної кераміки. Залежно від виду палива, способу його спалювання та способу видалення золи з топки котла в ряді випадків зола являє собою цінну сировину для промисловості будівельних матеріалів і сільськогосподарства (вапнування кислих ґрунтів і добриво).

На даний час в Україні немає комплексної переробки золошлакових відходів, лише незначна їх кількість (10-15 %) використовується в будівельній галузі як компонент при виробництві цегли та дорожнього покриття. Але потенціал їх утилізації набагато більше, це зумовлено наявністю великої кількості цінних компонентів, які містять шлаки ТЕС (титан, марганець, кобальт, стронцій, рубідій, ітрій, ванадій, залізо, кремній та ін.).

Завдання на самопідготовку

Закріпити отримані на лекції знання та підготувати доповіді на тему:

1. Підвищення екологічної безпеки на ТЕС за рахунок організаційних заходів.
2. Способи підвищення ККД теплоелектростанцій.
3. Методи розрахунку параметрів димових труб для ТЕС.
4. Зворотній осмос: суть методу очищення, галузі застосування, переваги і недоліки методу.

Питання для самоконтролю

1. Які заходи необхідно здійснювати для охорони атмосферного повітря при роботі ТЕС?
2. Опишіть принцип роботи електрофільтру, переваги і недоліки його застосування.
3. На чому ґрунтується робота розпилюючих абсорберів (скрубєрів)? Чим відрізняється фізична абсорбція від хемосорбції?
4. Охарактеризуйте методи очищення димових газів від оксидів сірки.
5. Яке завдання виконують димові труби? З яких матеріалів їх виготовляють?
6. Опишіть методи очищення стічних вод: відстоювання, флотація, коагуляція, зворотній осмос.
7. Наведіть шляхи утилізації теплових і золошлакових відходів теплоелектростанцій.

ЛЕКЦІЯ 4. АТОМНА ЕНЕРГЕТИКА, ЇЇ ВПЛИВ НА ДОВКІЛЛЯ

План

4.1. Загальна характеристика атомної енергетики. Атомна електростанція. Ядерний реактор.

4.2. Атомна енергетика у світі і в Україні.

4.3. Ресурси, які використовуються в атомній енергетиці.

4.4. Вплив атомної енергетики на довкілля.

4.5. Найбільші радіаційні аварії.

Завдання на самопідготовку

4.1 Загальна характеристика атомної енергетики. Атомна електростанція. Ядерний реактор

Атомна енергетика (ядерна енергетика) – галузь енергетики, що використовує ядерну енергію для електрифікації і теплофікації; область науки і техніки, що розробляє методи і засоби перетворення ядерної енергії в електричну і теплову.

Основа ядерної енергетики – атомні електростанції, які забезпечують близько 6 % світового виробництва енергії та 13-14 % електроенергії. За даними МАГАТЕ у 2013 році у світі працювало 437 промислових ядерних реакторів, розташованих на території 31 країни. Було збудовано також понад 150 суден з ядерними енергетичними установками.

Перша атомна електростанція (5 МВт), що поклала початок використанню ядерної енергії в мирних цілях, була пущена в СРСР у 1954. За прогнозами фахівців, частка ядерної енергетики в загальній структурі вироблення електроенергії у світі буде безупинно зростати за умови реалізації основних принципів концепції безпеки атомних електростанцій. Головні принципи цієї концепції – істотна модернізація сучасних ядерних реакторів, посилення мір захисту населення і навколишнього середовища від шкідливого техногенного впливу, підготовка висококваліфікованих кадрів для атомних електростанцій, розробка надійних сховищ радіоактивних відходів тощо.

Принцип роботи АЕС (рис. 4.1): проходячи між гарячими ТВЕЛами, охолоджувальна речовина нагрівається, виводиться назовні і використовується для отримання пари, яка необхідна для приводу турбогенератора.

Ядерний реактор – пристрій для одержання енергії за рахунок керованої реакції поділу ядра.

Класифікація ядерних реакторів:

- за енергією нейтронів, що викликають розпад (реактор на теплових, швидких і проміжних нейтронах, реактор зі змішаним спектром);
- за характером розміщення ядерного палива і сповільнювача нейтронів або теплоносія (гомогенні і гетерогенні);
- за призначенням (енергетичні, транспортні, експериментальні, дослідницькі, промислові);
- за конструкцією (корпусні, каналні реактори);

– за використанням сповільнювачем (графіто-газові, водо-водняні, рідко-металічні, рідко-солеві, важко-водневі, органічні та ін.).

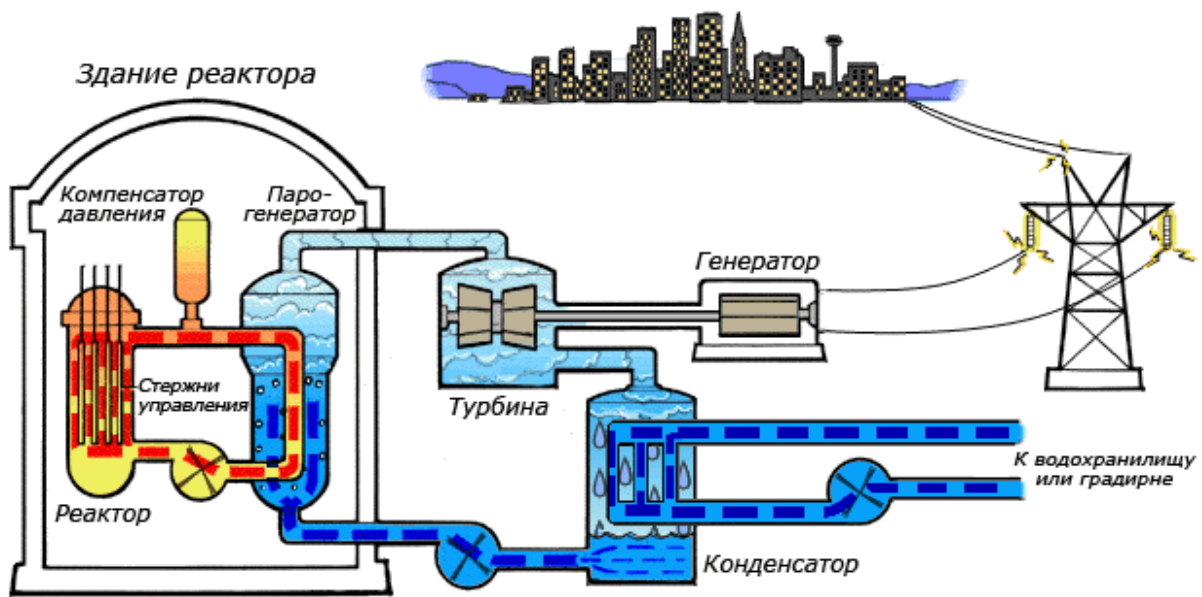


Рисунок 4.1 – Принцип роботи АЕС

У світі використовуються шість основних типів ядерних реакторів:

- реактор з водою-охолоджувачем під тиском (PWR), або його аналог водо-водняний енергетичний реактор (ВВЕР),
- киплячий ядерний реактор (BWR),
- важководний реактор (HWR),
- газо-графітовий реактор (GCR),
- водо-графітовий реактор (LWGR/РБМК)
- ядерний реактор на швидких нейтронах (FBR).

За останніми даними МАГАТЕ всього у світі експлуатується окремими країнами, 437 ядерних енергетичних реакторів. Із них: PWR – 273, BWR – 84, HWR – 48, GCR – 15, LWGR – 15, FBR – 2.

Серед них перший (і найбільш поширений) тип – це *реактор на збагаченому урані*, у якому і теплоносієм, і сповільнювачем є звичайна, або «легка», вода (легководний реактор). Існують два основні різновиди легководного реактора: реактор, у якому пара, яка обертає турбіни, утворюється безпосередньо в активній зоні (киплячий реактор), і реактор, у якому пара утворюється у зовнішньому, або другому, контурі, який пов'язаний з першим контуром теплообмінниками і парогенераторами (водо-водняний енергетичний реактор (ВВЕР)).

Другий тип реактора, який знайшов практичне застосування, – *реактор з газоохолодженням (з графітовим сповільнювачем)*. Його створення було тісно пов'язане з ранніми програмами розроблення ядерної зброї, реакторів з газоохолодженням досить ефективно виробляють плутоній.

Третій тип реактора, що мав комерційний успіх, – це *реактор, у якому і теплоносієм, і сповільнювачем є важка вода, а паливом слугує також природний уран*. На початку ядерного століття потенційні переваги важководного реактора досліджувалися в ряді країн. Однак потім виробництво таких реакторів зосередилося головним чином у Канаді.

Ланцюгові реакції поділу можуть відбуватися тому, що поділ кожного ядра супроводжується виділенням кількох нейтронів, які при захваті їх іншими ядрами знову можуть спричинити поділ з виділенням нових нейтронів, і т. д. Якщо створити умови, при яких кількість виділених нейтронів, що спричиняють поділ нових ядер, буде, в середньому більша від одного нейтрона на поділ, ланцюгова реакція зможе само-підтримуватися. Якщо ланцюгова реакція розвивається дуже швидко, то вона набуває характеру вибуху, як, наприклад, в атомній бомбі. Після вибуху атомної бомби виникає дуже висока температура, яка є необхідною умовою протікання термоядерних реакцій; це використовується поки що лише у водневій бомбі. Швидкість ланцюгових реакцій поділу регулюють тільки в ядерних реакторах. Енергія, що виділяється внаслідок цих реакцій, відводиться від реактора у вигляді тепла за допомогою теплоносіїв, якими можуть бути вода, пара, рідкі метали, гази тощо. Ця теплова енергія використовується на ядерних електростанціях і в атомних двигунах.

Управління ядерним реактором здійснюється за допомогою поглинаючих стержнів, що вводяться в активну зону і виготовлені з матеріалів, які сильно поглинають нейтрони (в основному графіт (С), В, Cd та ін.) і/або розчин борної кислоти, який в певній концентрації додається в теплоносіє (*борне регулювання*). На випадок різних аварійних ситуацій в кожному реакторі передбачено екстрене припинення ланцюгової реакції, що здійснюється скиданням в активну зону всіх поглинаючих стержнів

4.2 Атомна енергетика у світі і в Україні

Частка ядерної енергії від загального споживання електроенергії окремими країнами, %: Литва – 77,21; Франція – 75,77; Бельгія – 55,1; Україна – 45,42; Японія – 35,86; Німеччина – 28,29; США – 18,69.

Станом на 2007, енергетичні ядерні реактори працювали в 31 країні світу. Найбільше ядерна енергетика розвинута в країнах з великими об'єднаними електричними мережами. Ядерна енергетика США найпотужніша у світі, 28 % від світового виробництва. Далі йдуть Франція з 18 % та Японія з 12 %. У 2007 році в світі працювало 439 ядерних реакторів із загальною потужністю 351 ГВт.

За оцінками МАГАТЕ від 2008, доля ядерної енергетики залишатиметься до 2030-го в межах від 12,4 % до 14,4 % світового виробництва енергії.

За кількістю реакторів та їх сумарною потужністю Україна посідає восьме місце у світі та п'яте в Європі.

При наявності в Україні п'яти атомних електростанцій потужністю 11800 МВт (на 01.01.2000), уран відіграє значну роль у забезпеченні країни електроенергією. Його частка у виробництві електроенергії, в порівнянні з іншими енергоносіями, постійно зростає. Так у 2000 р. АЕС виробили 45,1 % електроенергії і майже зрівнялись з часткою ТЕС, на яких 19 млн кВт потужностей із 36 вимагають ремонту чи реконструкції.

Атомні електростанції України:

- Запорізька АЕС розташована в степовій зоні на березі Каховського водосховища в Запорізькій області України поруч із містом Енергодар. Це найбільша в Європі АЕС, вона складається з 6 атомних енергоблоків (6000 МВт). Щорічно станція генерує ~40 млрд кВт·год електроенергії, що становить п'яту частину загальнорічного виробництва електроенергії в державі й половину її виробництва на українських АЕС.

- Південноукраїнська АЕС (м. Южноукраїнськ) розташована в степовій зоні на лівому березі ріки Південний Буг, при Ташлицькому водосховищі, неподалік (на схід) від міста Южноукраїнська, що в Миколаївській області. Збудована у 1975-1982 роках. 3 енергоблоки (3000 МВт).

- Рівненська АЕС (м. Кузнецовськ) – перша в Україні АЕС з енергетичним водо-водяним реактором типу ВВЕР-440 (В-213), розташована біля міста Кузнецовськ (на західному Поліссі, біля річки Стир); 4 енергоблоки (2835 МВт). Виробляє ~ 11-12 млрд кВт·год електроенергії (16 % виробництва на АЕС України).

- Хмельницька АЕС (м. Нетішин). Рік початку експлуатації – 1987 р. Має 2 енергоблоки (2000 МВт), ще 2 будуються. Основне призначення станції – покриття дефіциту електричних потужностей в Західному регіоні України. Щорічно виробляє близько 15 млрд кВт·год електроенергії, або 9 % виробленої на АЕС України.

- Чорнобильська АЕС (м. Прип'ять) розташована у Київській обл. (на відстані 2 км від м. Прип'ять, за 18 км на північний захід від м. Чорнобиль, 16 км від кордону з Білоруссю, ~110 км на північ від Києва. Початок експлуатації – 1977 р. Генеруюча потужність 4 енергоблоків – 3800 МВт (до 1986 р.). Виведена з експлуатації 15 грудня 2000 р.

4.3 Ресурси, які використовуються в атомній енергетиці

Ядерне пальне – ядра, що діляться нейтронами будь-яких енергій (як правило, це речовини з непарним атомним числом).

Існують ядра, які діляться тільки нейтронами з енергією вище деякого порогового значення (зазвичай, це елементи з парним атомним числом). Такі ядра називають *сировинним матеріалом*, оскільки при захопленні нейтрона пороговим ядром утворюються ядра ядерного пального.

Комбінація ядерного пального і сировинного матеріалу називається *ядерним паливом*.

Ядерне пальне ділиться на два види:

- природне ядерне паливо: ізоотоп урану-235;
- вторинне ядерне паливо, яке штучно отримується в ядерному реакторі: ізоотоп плутонію-239 і ізоотоп урану-233.

За хімічним складом ядерне паливо може бути:

- Металевим, включаючи сплави;
- Оксидним (наприклад, UO_2);
- Карбідом (наприклад, PuC_{1-x});
- Нітрідним;
- Змішаним ($PuO_2 + UO_2$).

Уранове паливо отримують переробкою руди. Природний уран складається з трьох ізоотопів: ^{238}U (99,282 %), ^{235}U (0,712 %) і ^{234}U (0,006 %).

Для бідних родовищ використовують спосіб підземного вилуження руди. Через закачні труби під землю закачується сірчана кислота, іноді з додаванням солей тривалентного заліза (для окислення урану $U(IV)$ до $U(VI)$). Розчин відкачується та поступає на сорбційний, гідро-металургійний витяг і одночасне концентрування урану-235.

Для рудних родовищ використовують збагачення руди.

Торієве паливо. Торій в наш час як сировина для виробництва ядерного палива не застосовується через такі причини:

- Запаси урану досить великі;
- Видобування торію складніше і дорожче через відсутність багатих родовищ;
- Утворення ^{232}U , який, у свою чергу, утворює γ -активні ядра ^{212}Bi , ^{208}Tl , що ускладнюють виробництво ТВЕЛів;
- Переробка опромінених торієвих ТВЕЛів складніша і дорожча за переробку уранових.

Плутонієве паливо в наш час також не застосовується, що пов'язане з його украй складною хімією.

Паливо для АЕС, що містить плутоній, називається МОХ-паливо (англ. Mixed-Oxide fuel). Застосування його в реакторах недоцільно через зменшення в ~ 2 рази періоду розгону, на що не розраховані штатні системи управління реактором. Загальна кількість плутонію, що зберігається в світі у всіляких формах у 2010 році ~ 2000 т

Тепловидільний елемент (ТВЕЛ) – головний конструктивний елемент активної зони ядерного реактора, в якому знаходиться ядерне паливо. У ТВЕЛах відбувається ділення важких ядер ^{235}U , ^{239}Pu , ^{233}U , що супроводжується виділенням теплової енергії, яка потім передається теплоносію (воді).

Регенерація ядерного палива

В даний час для цих цілей найширше застосовується **пюрекс-процес** (Plutonium and Uranium Recovery by EXtraction): ТВЕЛі розрізають на частини і розчиняють в азотній кислоті, далі розчин очищають від продуктів ділення і елементів оболонки, виділяють чисті сполуки U і Pu . Потім направляють на виготовлення нових сердечників. 95 % відпрацьованого палива може бути перероблене для подальшого використання на електростанціях.

Переробка і регенерація високорадіоактивних речовин — складний і дорогий процес. ТВЕЛі після витягання з реакторів проходять витримку протягом декількох років (зазвичай 3-6) в спец.сховищах.

Передбачається також видалення відходів із низьким рівнем радіації, що накопичуються в ході експлуатації і технічного обслуговування станції. Після закінчення терміну служби і сам реактор повинен бути виведений з експлуатації (з дезактивацією та утилізацією вузлів реактора). Кожен етап паливного циклу регламентується так, щоб забезпечувалися безпека людей і захист навколишнього середовища.

4.4 Вплив атомної енергетики на довкілля

Атомна енергетика (5,9 % світового споживання комерційної енергії) після періоду швидкого зростання в 70-і роки і на початку 80-х відчуває жорстоку кризу, чому причиною сплеск соціальних протиріч, екологічна та політична опозиція в багатьох країнах, технічні труднощі забезпечення зрослих вимог безпеки АЕС та проблема захоронення радіоактивних відходів, перевищення витрат на будівництво і сильне зростання собівартості електроенергії, виробленої на АЕС.

ТЕС потужністю 1 млн кВт споживає протягом року понад 1500 ешелонів вугілля, в той час як для АЕС при тих же умовах достатньо всього декількох вагонів ядерного палива. Звідси випливає, що матеріальні відходи виробництва електроенергії на АЕС на кілька порядків нижче, ніж на ТЕС. У цьому полягає одна з основних екологічних переваг АЕС.

Разом з тим атомні електростанції здійснюють значно більші скиди теплоти у водні басейни, ніж ТЕС, при однакових параметрах, що підвищує інтенсивність теплового забруднення водойм. Вважається, що споживання охолоджуючої води на АЕС приблизно в 3 рази більше, ніж на сучасних ТЕС. Однак більш високий ККД АЕС з реакторами на швидких нейтронах (40-42 %), ніж у АЕС на теплових нейтронах (32-34 %), дозволяє приблизно на одну третину скоротити скидання теплоти в навколишнє середовище в порівнянні зі скиданням теплоти АЕС з водо-охолоджуваними реакторами.

Проблема радіаційної безпеки експлуатації АЕС є багатоплановою і досить складною. Головним джерелом виникнення небезпечної радіації є ядерне паливо. Ізоляція його від навколишнього середовища повинна бути досить надійною. З цією метою спочатку ядерне паливо формується в брикети, матеріал матриці яких утримує велику частину продуктів поділу радіоактивних речовин. Брикети, в свою чергу, розміщуються в паливних елементах (твелів), виконаних у вигляді герметично запаєних трубок з цирконієвого сплаву. Якщо все ж відбудеться хоча б незначний витік продуктів поділу із твелів внаслідок несправностей (що саме по собі малоімовірно), то вони потраплять в охолоджуючий реактор реагент, що циркулює по замкнутому контуру. Реактор здатний витримувати величезні тиски. Але й це не все: реактор оточує потужна залізобетонна оболонка, здатна витримати найсильніші урагани й зем-

летруси і навіть пряме попадання потерпілого аварію літака. Нарешті, для повної безпеки населення навколишнього району здійснюється захист відстанню, тобто АЕС розміщується на деякому віддаленні від житлових масивів.

Іншим джерелом радіаційної небезпеки є різні радіоактивні відходи, що неминуче виникають під час експлуатації реакторів. Розрізняють три види відходів: газоподібні, рідкі та тверді.

Забруднення атмосфери газоподібними (летючими) радіоактивними відходами через вентиляційну трубу мізерно. У гіршому випадку воно не перевищує кількох відсотків гранично допустимого рівня, встановленого національним законодавством і Міжнародною комісією з радіологічного захисту, вимоги якої значно нижче. Це досягається шляхом використання високоефективної системи очищення газів, наявної на кожній АЕС. Таким чином, з точки зору збереження чистоти атмосфери АЕС є незрівнянно сприятливіші ТЕС.

Вода, забруднена низькоактивними радіоактивними речовинами, дезактивується і використовується повторно, і лише незначна кількість її зливається в побутову каналізаційну систему, при цьому забруднення від неї не перевищує максимальних рівнів, допустимих для питної води.

Деяко складніше вирішується проблема з очищенням і зберіганням високоактивних рідких і твердих відходів. Труднощі тут полягають в тому, що такі радіоактивні відходи не можуть бути штучно нейтралізовані. Природний радіоактивний розпад, який для деяких з них триває сотні років, є поки єдиним засобом усунення їх радіоактивності.

Внаслідок цього високоактивні рідкі відходи повинні бути надійно поховані в спеціально для цього пристосованих камерах. Попередньо відходи піддають «отвердінню» шляхом нагрівання і випаровування, що дозволяє значно (в сотні разів) зменшити їх обсяг.

Твердими відходами АЕС є деталі демонтованого обладнання, інструменти, відпрацьовані фільтри для очищення повітря, спецодяг, сміття і т.д. Ці відходи після спалювання і пресування для зменшення габаритів поміщаються в металеві контейнери і також захоронюються в підземних камерах (траншеях).

Основними радіоактивними відходами АЕС є відпрацьовані твели, які містять уран і продукти поділу, в основному плутоній, який залишається небезпечним протягом сотень років. Вони також підлягають захороненню у спеціальних підземних камерах. Щоб запобігти розтіканню радіоактивних відходів при можливій руйнуванні підземних камер, відходи попередньо перетворюють на тверду склообразную масу. Створюються також спеціальні установки для переробки радіоактивних відходів.

Деякі країни, зокрема Англія і частини США, роблять захоронення відходів у спеціальних контейнерах, що опускаються на дно морів і океанів. Такий спосіб поховання відходів таїть у собі величезну потенційну небезпеку радіаційного забруднення морів у разі руйнування контейнерів під впливом корозії.

Щоб повністю усунути радіаційну небезпеку АЕС, їхні ядерні реактори оснащують практично безвідмовним аварійним захистом; резервними системами охолодження, що спрацьовують при раптовому підвищенні температури; пристроями, які утримують осколки радіоактивних речовин; запасними резервуарами на випадок викиду радіоактивних газів. Все це при належному рівні надійності обладнання і його експлуатації призводить до того, що атомні електростанції практично не роблять забруднюючого впливу на навколишнє середовище.

Однак потенційна небезпека викиду в атмосферу значної кількості радіоактивних продуктів усе ж є. Вона реально може виникнути при аварійному порушенні герметичності захисних бар'єрів, які споруджуються на шляху можливого розповсюдження радіоактивних речовин. Радіаційна безпека АЕС для навколишнього середовища в цьому випадку визначається надійністю зазначених захисних бар'єрів, а також ефективністю роботи технологічних схем, які здійснюють подальше поглинання і видалення радіоактивних речовин, що проникають через зазначені бар'єри.

Розглянуті деякі питання радіаційної безпеки стосуються тільки АЕС, що працюють на теплових нейтронах. Для АЕС на швидких нейтронах виникають додаткові проблеми забезпечення радіаційної безпеки, пов'язані, зокрема, з необхідністю поховання таких напрацьованих ізотопів, як америцій і кюрій.

4.5. Найбільші радіаційні аварії

Найбільша перешкода для розвитку ядерної енергетики пов'язана з проблемами безпеки. За час використання атомних реакторів відбулася низка техногенних катастроф.

1) *1 вересня 1944 через вибух гексофториду урану в Ок-Ріджській національній лабораторії, розташованій в штаті Теннессі, США, відбулося утворення гідрофтористої кислоти. В результаті на об'єкті від кислотних опіків, вдихання суміші кислотних і радіоактивних парів постраждало п'ять чоловік. Троє отримали серйозні травми, життя двом врятувати не вдалося.*

2) *19 червня 1948 року на об'єкті «А» (комбінат «Маяк», Челябінська область). В реакторі з напрацювання збройового плутонію сталося сплавлення декількох уранових блоків з навколишнім їх графітом внаслідок їх недостатнього охолодження. Опромінення отримав весь персонал реактора, і залучені до усунення аварії солдати будівельних батальйонів. Канал вручну розчищався протягом дев'яти діб, шляхом розсвердлення.*

3) *3 березня 1949 – масове скидання в р.Теча високоактивних рідких радіоактивних відходів комбінатом «Маяк». (Челябінська обл.)* Опромінення отримали ~ 124 тисяч чоловік, постраждав 41 населений пункт. У частини постраждалих спостерігалися випадки хронічної променевої хвороби

4) *12 грудня 1952 - перша в світі серйозна аварія на АЕС Чолк-Рівер в штаті Онтаріо, Канада. Причиною стала помилка технічного характеру, яку*

допустив персонал АЕС. Стався перегрів і часткове розплавлення активної зони. Земля неподалік від річки Оттава, ввібрала в себе $\sim 3800 \text{ м}^3$ радіоактивно забрудненої води. У зовнішнє середовище потрапили тисячі кюрі продуктів поділу.

5) 29 вересня 1957 – «Киштимская» аварія (ВО «Маяк», Челябінська обл.). Стався вибух ємності, що містила 20 мільйонів кюрі радіоактивності. Потужність вибуху прирівнювалася до вибуху 70-100 тонн тротилу. Тоді утворився Східно-Уральський радіоактивний слід, який покривав площу більше 20 тисяч кв. км. Від радіоактивної хмари постраждали жителі Свердловської, Тюменської і Челябінської областей. Разовому опромінюванню до 100 рентген в перші години після вибуху, піддалися понад п'ять тисяч осіб, оголошили фахівці. У ліквідації наслідків засекреченої в радянський час катастрофи брали участь від 25 до 30 тисяч військових, в період з 1957 по 1959 роки.

6) 10 жовтня 1957 – велика аварія в Віндскейлі, Великобританія. Через помилки, допущеної при експлуатації одного з двох реакторів з напрацювання збройового плутонію, різко збільшилася температура палива в реакторі. Виникла пожежа в активній зоні, що тривала 4 доби. Радіоактивна хмара дійшла до території Німеччини, Данії, Бельгії та Норвегії. Велика площа Ірландії та Англії була забруднена.

7) Квітень 1967 р. ВО «Маяк» – територія в $1\,000\,800 \text{ км}^2$ забруднена радіоактивним пилом $\sim 600 \text{ Ки}$ активності. Сталося це в результаті того, що озеро Карачай, яке використовувалось як звалище для скидання рідких відходів, сильно обміліло і оголилось дно. На постраждалій території проживало ~ 40 тисяч чоловік

8) У 1969 році була назавжди замурована печера, заражена радіоактивними викидами після аварії підземного ядерного реактора в Швейцарії, в місті Люценс. У тому ж, 1969 році, трапилася аварія на АЕС «Святого Лаврентія» у Франції. Через неухважність оператора нічної зміни, був неправильно завантажений паливний канал, що призвело до вибуху запущеного реактора, потужністю 500 МВт. Як наслідок – елементи перегрілися і розплавився, $\sim 50 \text{ кг}$ рідкого палива витекло назовні.

9) 18 січня 1970 – катастрофа на заводі «Червоне Сормово» (м. Нижній Новгород) під час будівництва атомного підводного човна К 320. В результаті недозволеного запуску реактора, відбулося зараження зони цеху, в якому будувалося судно. Близько 1000 осіб перебувало в цеху на момент аварії. Багатьох робітників у той день відправили додому, не надавши необхідної медичної допомоги та дезактиваційної обробки. Робітники дали підписку про нерозголошення на 25 років. Більше тисячі людей брали участь у роботах з ліквідації аварії до 24 квітня 1970 року

10) 28 березня 1979 – аварія на АЕС Тримай-Айленд в штаті Пенсільванія. З вини грубих помилок операторів і серії збоїв в роботі обладнання, активна зона другого енергоблоку АЕС була розплавлена на 53 %. З постраждалого району було евакуйовано 200 тисяч людей. Крім того, в атмосферу було

викинуто інертні радіоактивні гази – йод і ксенон. У річку Сукуахана потрапило 185 м³ слаборадіоактивної води

11) Найбільша ядерна аварія за всю історію, сталася в ніч з 25 на 26 квітня 1986 року (на четвертому блоці Чорнобильської АЕС).

Частково була зруйнована активна зона реактора, осколки поділу вийшли за межі зони. Фахівці стверджують, що це сталося через спроби експерименту щодо зняття додаткової енергії під час роботи основного реактора. 190 тонн радіоактивних речовин потрапило в атмосферу. У повітрі виявилися 8 з 140 тонн радіоактивного палива. Пожежа тривала понад 2 тижні. Населення Чорнобиля відчуло на собі опромінення в 90 разів більше, ніж бомба, що впала на Хіросіму. Все в радіусі 30 км піддалося радіоактивному зараженню. Загальна площа забруднення становить 160 тисяч км². Білорусь, Північна частина України і захід Росії постраждали в результаті аварії.

12) У результаті найпотужнішого за всю історію Японії землетрусу 11 березня 2011 року, на АЕС Фукусіма-1 цунамі затопило резервні дизельні генератори, і станція залишилася без електропостачання, яке необхідне для роботи системи охолодження реакторів. В результаті ядерне паливо 1, 2 і 3 реакторів початок плавитися. Через скупчення водню в будівлях, де розташовані реактори, прогрімали руйнівні вибухи. Була проведена евакуація в 10-ти кілометровій зоні навколо АЕС. Ядерній аварії був присвоєний сьомий – самий високий рівень за міжнародною шкалою ядерних подій (International Nuclear Event Scale – INES).

Завдання на самопідготовку

Закріпити отримані на лекції знання та підготувати доповіді на тему:

5. Ядерна зброя, її застосування, зберігання, утилізація. Вплив на довкілля, вражаючі фактори.
6. Ризик небезпеки аварій на атомних електростанціях.
7. Міжнародні документи, що діють у сфері регулювання радіаційної безпеки і застосування ядерної зброї.
8. Відновлення природних екосистем після радіоактивного забруднення.

Питання для самоконтролю

1. Дайте загальну характеристику атомної енергетики.
2. Принцип роботи атомної електростанції.
3. Що таке ядерний реактор? Наведіть класифікацію ядерних реакторів.
4. Охарактеризуйте три найбільш розповсюджених види ядерних реакторів.
5. Принцип ланцюгової ядерної реакції.
6. Яким чином здійснюється управління ядерним реактором?
7. Опишіть розвиток атомної енергетики в Україні і світі.

8. Охарактеризуйте атомні електростанції України.
9. Які ресурси використовуються в атомній енергетиці?
10. Що таке тепловидільний елемент (ТВЕЛ)? Яким чином здійснюється регенерація ядерного палива?
11. Охарактеризуйте вплив АЕС на навколишнє середовище.
12. Визначте і опишіть причини і наслідки найбільших радіаційних аварій.

ЛЕКЦІЯ 5. ГІДРОЕНЕРГЕТИКА, ЇЇ ВПЛИВ НА ДОВКІЛЛЯ

План

5.1. Гідроенергетика як галузь відновлювальної енергетики.

5.2. Традиційна гідроенергетика, її вплив на довкілля.

5.2. Альтернативна гідроенергетика.

Завдання на самопідготовку

5.1 Гідроенергетика як галузь відновлювальної енергетики

Гідроенергетика – галузь відновлюваної енергетики, що спеціалізується на використанні енергії води.

Енергія води, як і енергія вітру, використовується людьми здавна як джерело механічної енергії, а починаючи з ХХ ст. і як джерело електроенергії. У світі побудована велика кількість гідроелектростанцій, які виробляють до 5 % від загальної електроенергії, причому в деяких країнах частка електрики, виробленої на гідроелектростанціях, значно вища. В Україні, на Дніпрі, побудовано каскад з 6 гідроелектростанцій. Слід зазначити, що в останні роки будівництво гідроелектростанцій у світі значно скорочено внаслідок відсутності сприятливих умов.

Гідроелектрика – електрика, отримана за допомогою води.

При звичайній гідроелектричній схемі вода накопичується в резервуарі, що часто створюється перегородженням ріки дамбою. Вода з резервуару подається на турбіни, з'єднані з електричним генератором. У насосних електростанціях вода, що проходить через турбіни, подається туди по циклу знову. У приливних електростанціях використовується енергія води, що піднімається й опускається в результаті припливів. Одна п'ята частина електроенергії, що виробляється у світі – гідроелектрична.

Гідроенергетика в Україні

Побудова Дніпрогесу свого часу створила енергетичну базу для важкої промисловості, забезпечила умови для електрифікації сільського господарства, відкрило наскрізне судноплавство Дніпром. У 1959 р. споруджено Кременчуцьку ГЕС (потужністю 625 тис. кВт), у 1963 р. почала діяти ще одна гідроелектростанція — Дніпродзержинська (потужністю 325 тис. кВт).

На початку ХХІ ст. в енергетичному комплексі України гідроелектростанції посідають третє місце після теплових та атомних. Сумарна встановлена потужність ГЕС України нині становить 8 % від загальної потужності об'єднаної енергетичної системи країни. Середньорічний виробіток електроенергії гідроелектростанціями дорівнює 10,8 млрд кВт·год. Встановлено, що економічні та технічні можливості використання гідроенергоресурсів України дорівнюють приблизно 20 млрд кВт·год., а нині використовується не більше 50 %. Основний використовуваний потенціал зосереджений на ГЕС Дніпровського каскаду (потужність – 3,8 ГВт, виробіток – 9,9 ГВт·год): Дніпровська ГЕС, Київська ГАЕС (гідроакумулююча), Ташлицька ГАЕС.

Окрім ГЕС і ГАЕС, в Україні нині експлуатуються 49 так званих малих ГЕС, які виробляють понад 200 млн кВт·год електроенергії. Але вони мають недоліки: швидке зношення обладнання, пошкодження споруд напірного фонтана, замулення водосховищ, недостатнє використання засобів автоматики та контролю.

Від 2009 року малі (до 10 МВт) гідроелектростанції в Україні отримали право на використання зеленого тарифу.

Подальший розвиток гідроенергетики потребує реконструкції і технічного вдосконалення гідровузлів. Заміну фізично застарілого обладнання слід здійснювати на сучасному рівні (з використанням засобів автоматизації та комп'ютеризації).

Гідроелектростанція (ГЕС) – електростанція, яка за допомогою гідротурбіни перетворює кінетичну енергію води в електроенергію.

Різновиди ГЕС

ГЕС, будівля якої є частиною греблі, називається *руською* (наприклад, Кременчуцька, Київська ГЕС).

Якщо будівля розташована окремо, біля основи греблі на протилежному від водосховища боці, то така ГЕС називається *пригреблевою* (наприклад, ДніпроГЕС).

ГЕС, до якої вода подається трубами, називається *дериваційною* (наприклад, Інгурський каскад на Кавказі).

Гідроакумулюючі електростанції (ГАЕС) з оборотними гідроагрегатами (що працюють як генератори струму або водяні помпи) в години малого споживання електроенергії перекачують воду з водосховища у верхній басейн, а в години пікових навантажень виробляють енергію як звичайні ГЕС (наприклад, Київська ГЕС, Дністровська ГАЕС).

ГЕС з використанням енергії припливів називають *припливними* (наприклад, ГЕС у Франції на ріці Ранс). ГЕС, що для отримання електроенергії перетворює енергію хвиль називають *хвильовою*.

5.2 Традиційна гідроенергетика, її вплив на довкілля

Принцип роботи ГЕС досить простий. Ланцюг гідротехнічних споруд забезпечує необхідний напір води, що надходить на лопаті гідротурбіни, яка приводить в дію генератори, що виробляють електроенергію.

Необхідний напір води утворюється за допомогою будівництва греблі, і як наслідок концентрації річки в певному місці, або деривації – природним струмом води. У деяких випадках для отримання необхідного напору води використовують спільно і греблю, і деривацією.

Безпосередньо в самій будівлі гідроелектростанції розташовується все енергетичне обладнання. У залежності від призначення, воно має свій певний поділ. У машинному залі розташовані гідроагрегати, які безпосередньо перетворюють енергію струму води в електричну енергію. Є ще додаткове обладнання, пристрої керування й контролю над роботою ГЕС, трансформаторна станція, розподільні пристрої та багато іншого.

Гідроелектричні станції залежно від потужності поділяють на такі:

- потужні – виробляють від 25 МВт до 250 МВт і вище;
- середні – до 25 МВт;
- малі гідроелектростанції – до 5 МВт (в деяких країнах (в тому числі і Україні) малими визнаються гідроелектростанції із потужністю до 10 МВт. (примітка: встановлено Законом України «Про електро-енергетику»))

Потужність ГЕС безпосередньо залежить від напору води, а також від ККД використовуваного генератора. Через те, що за природними законами рівень води постійно змінюється, в залежності від сезону, а також ще від низки причин, в якості вираження потужності гідроелектричної станції прийнято брати циклічну потужність. Наприклад, розрізняють річний, місячний, тижневий або добовий цикли роботи гідроелектростанції.

Гідроелектростанції також діляться в залежності від максимального використання напору води:

- високонапірні – понад 60 м;
- середньонапірні – від 25 м;
- низьконапірні – від 3 до 25 м.

Залежно від напору води, в гідроелектростанціях застосовуються різні види турбін. Для високонапірних – ковшові і радіально-осьові турбіни з металевими спіральними камерами. На середньонапірних ГЕС встановлюються поворотнлопатні і радіально-осьові турбіни, на низьконапірних – поворотнлопатні турбіни в залізобетонних камерах. Принцип роботи всіх видів турбін схожий – вода, що подається під тиском (напір води), надходить на лопаті турбіни, які починають обертатися. Механічна енергія, таким чином, передається на гідрогенератор, який і виробляє електроенергію. Турбіни розрізняються деякими технічними характеристиками, а також камерами – залізними або залізобетонними, і розраховані на різний тиск води.

Гідроелектричні станції також розділяються в залежності від принципу використання природних ресурсів, і відповідно створення концентрації води. Тут можна виділити такі ГЕС:

- **руслові і пригреблеві ГЕС.** Це найпоширеніші види гідроелектричних станцій. Натиск води в них створюється за допомогою установки мостом, повністю перегородка річки, або що піднімає рівень води в ній на необхідну позначку. Такі гідроелектростанції будують на багатоводних рівнинних річках, а також на гірських річках, у місцях, де русло річки вужче, стиснуте.

- **греблеві ГЕС.** Будуються при більших напорах води. У цьому випадку річка повністю перегороджується греблею, а сама будівля ГЕС розташовується за греблею, у нижній її частині. Вода, в цьому випадку, підводиться до турбін через спеціальні напірні тунелі, а не безпосередньо, як у руслових ГЕС.

- **дериваційні гідроелектростанції.** Такі електростанції будують у тих місцях, де великий ухил річки. Необхідна концентрація води в ГЕС такого типу створюється за допомогою деривації. Вода відводиться з річкового русла через спеціальні водовідведення. Водоводи спрямлені, і їхній ухил значно менший, ніж середній ухил річки. У підсумку вода підводиться безпосередньо до будівлі ГЕС. Дериваційні ГЕС можуть бути різного виду – безнапірні або з напірної деривації. У випадку напірної деривації, прокладається водовід з великим подовжнім ухилом. В іншому випадку на початку деривації на річці створюється вища гребля, і створюється водосховище – така схема ще називається змішаною деривації, тому що використовуються обидва методи створення необхідної концентрації води.

- **гідроакумулюючі електростанції.** Такі ГАЕС здатні акумулювати вироблювану електроенергію, і пускати її в хід у моменти пікових навантажень. Принцип роботи таких електростанцій наступний: в певні моменти (часи не пікового навантаження), агрегати ГАЕС працюють як насоси, і закачують воду в спеціально обладнані верхні басейни. Коли виникає потреба, вода з них поступає в напірний трубопровід і, відповідно, приводить в дію додаткові турбіни.

У гідроелектричні станції, в залежності від їх призначення, також можуть входити додаткові споруди, такі як шлюзи або суднопідйомники, що сприяють навігації по водоймі, рибопропускні, водозабірні споруди, що використовуються для іригації і багато іншого.

Цінність гідроелектричної станції полягає в тому, що для виробництва електричної енергії вони використовують поновлювані джерела енергії. З огляду на те, що потреби в додатковому паливі для ГЕС немає, кінцева вартість одержуваної електроенергії значно нижче, ніж при використанні інших видів електростанцій.

Список гідроелектростанцій України:

- Дніпровський каскад: Київський гідровузол (Київська ГЕС, Київська ГАЕС), Канівський гідровузол (Канівська ГЕС, Канівська ГАЕС (проект)),

Кременчуцька ГЕС, Дніпровська ГЕС, Дніпродзержинська ГЕС, Каховська ГЕС;

- Дністровський каскад (Дністровська ГЕС, Дністровська ГЕС-1, Дністровська ГЕС-2, Дністровська ГАЕС, Дубоссарська ГЕС);

- Південний Буг (Ташликська ГАЕС, Олександрівська ГЕС);

- Малі річки (Сухорабівська ГЕС, Теремле-Ріцька ГЕС, Шишацька ГЕС).

У гідроелектростанцій є як переваги, так і недоліки. До основних переваг використання ГЕС належать: дешева електрична енергія, використання замість палива відновлюваної безкоштовної енергії (енергії води), екологічна чистота використання ГЕС.

Мабуть, головним достоїнством використання ГЕС є те, що гідроелектростанція може працювати тільки на поновлюваному природному ресурсі – воді. А вода, мало того, що є поновлюваним джерелом енергії, так ще й практично невичерпним. Запаси води на Землі величезні. Нафта, вугілля, природний газ, інші види дорогого вуглеводневого палива абсолютно не потрібні для роботи ГЕС.

Так як ГЕС для своєї роботи використовує тільки безкоштовну і невичерпну енергію води, то одержувана електроенергія дуже дешева. Електроенергія від ГЕС набагато дешевше електроенергії від АЕС і ТЕС.

Ще однією важливою перевагою є дуже швидкий вихід гідроелектростанції на пік граничної потужності після її запуску. Це дозволяє швидко задовольнити запити споживачів в електричній енергії.

Самий головний недолік ГЕС – це затоплення орних земель. Вся справа в тому, що для повноцінної роботи ГЕС потрібно створити водосховище. А водосховище повинно знаходитися прямо біля ГЕС, і займати чималу територію. При спорудженні греблі води виходить з русла річки і затоплює великі заплавні території. Так створюється водосховище. Якщо річка невеличка, то площа затоплених земель буде невеликий, і ця проблема буде стояти не так гостро. Але якщо ж річка досить велика, багатоводна, то водосховищі вийде великим за розміром. І багато заплавлених земель в результаті опиняться під водою. А заплавні землі - це завжди родючі, орні землі. Вони потрібні сільському господарству, але затоплюються водою з за гідроелектростанції.

У гідроелектростанцій є ще недолік, що надає безпосередній вплив на гідросферу і біосферу. Це нерегульовані спуски води з водосховища ГЕС на кілька днів (зазвичай на 10-20 днів). В результаті цих нерегульованих, безконтрольних спусків води в річку в заплаві річки і навколишньому районі можуть відбутися несприятливі екологічні зміни. Несприятливі зміни, викликані експлуатацією гідроелектростанції, можуть стосуватися і гідросфери, і біосфери, і літосфери (грунту).

По-перше, може статися забруднення всього русла річки. Забруднення русла відбудеться, тому що вода у водосховищах може виявитися досить брудною, застійної. І ця брудна, застійна вода в результаті спуску в русло змішується з річковою водою і забруднює її.

По-друге, через спуск води з водосховищ може відбутися зміна або скорочення харчового ланцюга в річці і заплаві. В результаті зміни харчового ланцюга можуть постраждати окремі види тварин, риб, птахів. І, як наслідок, може скоротитися чисельність окремих видів риб, птахів, комах, ракоподібних. Крім того, може сильно збільшитися чисельність деяких видів гнусу (мошок), може змінитися їх поведінка.

Нерегульований спуск води у річку може сильно вдарити по птахах – адже в результаті затоплення величезних територій можуть зникнути місця гніздування деяких видів перелітних птахів. Крім того, може значно зменшитися фітомаса річки і заплави.

Ще одна несприятлива зміна – через неконтрольований спуск річки зволоження ґрунтів в заплаві може відбуватися нерегулярно і недостатньо, циклами.

Найбільші аварії на ГЕС

– Найбільшою аварією за всю історію ГЕС є прорив греблі на річці Жухе в результаті тайфуну Ніна 1975 року. Число загиблих понад 170000 осіб, постраждало 11 млн;

– 17 травня 1943 – операція британських військ Chastise з підриву гребель на річках Мёне і Едер, які потягли за собою загибель 1268 чоловік, у тому числі близько 700 радянських військовополонених;

– 9 жовтня 1963 – одна з найбільших гідротехнічних аварій на греблі Вайонт в північній Італії;

– У ніч на 11 лютого 2005 року в провінції Белуджистан на південному заході Пакистану через потужні зливи стався прорив 150-метрової греблі ГЕС у міста Пасном. 135 людей загинули;

– 5 жовтня 2007 на річці Чу у в'єтнамській провінції Тханьхоа після різкого підйому рівня води прорвало греблю споруджуваної ГЕС Киадат. У зоні затоплення опинилося ~ 5 тисяч будинків, 35 осіб загинули.

17 серпня 2009 – велика аварія на Саяно-Шушенській ГЕС (Саяно-Шушенська ГЕС – найпотужніша електростанція Росії). В результаті аварії загинуло 75 осіб.

5.3 Альтернативна гідроенергетика

Прикладом альтернативної гідроенергетики є застосування для отримання електроенергії енергії океану. **Енергія океану** – енергія, що можна отримати з морських хвиль, припливів, солоності, течій і різниці в температурі вод океану.

Припливні ГЕС (ПЕС) – це вид ГЕС, що використовує енергію припливів, а фактично кінетичну енергію обертання Землі.

Хвильові ГЕС (ХЕС) – це установка, що розташована у водному середовищі, метою якої є отримання електрики з кінетичної енергії хвиль.

Океанічна теплова електростанція – вид ГЕС, що використовує градієнт (різницю) температур води з глибиною.

Енергія припливів – періодичні підвищення й зниження рівня води морів та океанів, що є результатом гравітаційного впливу Місяця і, меншою мірою, Сонця. В екваторіальному та тропічному поясі повторюються двічі на добу. Із наближенням до полюсів другий максимум поступово зменшується і може взагалі зникати (рис. 5.1).



Рисунок 5.1 – Схема утворення припливів

Сизигійний приплив – найбільший приплив, коли гравітаційні сили Місяця і Сонця діють вздовж одного напрямку (рис. 5.2, А).

Квадратурний приплив – найменший приплив, коли гравітаційні сили Місяця і Сонця діють під прямим кутом один до одного (рис. 5.2, Б).

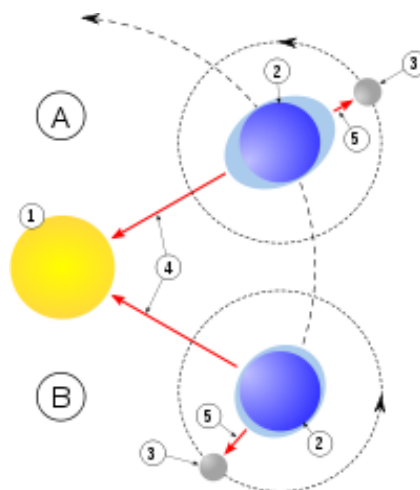


Рисунок 5.2 – Вплив Сонця і Місяця на утворення припливів:

А. Сизигійний приплив; В. Квадратурний приплив;

1 – Сонце; 2 – Земля; 3 – Місяць; 4 – сила притягіння Сонця; 5 – сила притягіння Місяця

Через те, що «різниця ходу» Місяця і Сонця – 2 тижні (проміжок між молодим і повним місяцем), сила припливу протягом тижня зростає, потім протягом наступного тижня зменшується.

Вважається, що припливні електростанції можна спорудити лише в деяких точках світу: райони Ла-Маншу, Ірландії, узбережжя Північної Америки, Австралії, кілька ділянок узбережжя Білого й Баренцевого морів.

Найбільші перспективи для спорудження має узбережжя Канади в затоці Фанді, де висота припливу – 16,2 м (можлива потужність ~ 3800 МВт).

Реалізація проекту будівництва ПЕС дозволяє вирішити такі завдання:

- розвиток виробництва електроенергії на основі екологічно чистого поновлюваного джерела енергії (гідроресурс Світового океану стабільний);
- заміщення органічних енергоносіїв, істотна економія органічного палива, збереження запасів вуглеводнів;
- створення умов для економічного розвитку регіонів;
- розробка та впровадження передових технологій в галузі гідроенергетики.

Перевагами ПЕС є екологічність і низька собівартість виробництва енергії. Недоліками – висока вартість будівництва; потужність, яка змінюється протягом доби, через що ПЕС може працювати тільки в складі енергосистеми, яка має достатню потужність електростанцій інших типів.

Енергія хвиль

- значно більша за енергію припливів;
- являє собою сконцентровану енергію вітру і сонячної енергії;
- ще мало застосовується для вироблення електроенергії, в даний час в цій сфері проводяться тільки експериментальні дослідження;
- представляє інтерес в якості енергоагрегату для руху суден (хвилювання на морі буває навіть в штиль, його можна використовувати при будь-якому напрямку руху фронту хвиль щодо судна).

Основне завдання отримання електроенергії з морських хвиль – перетворення руху *вгору-вниз* в *обертальний* для передачі безпосередньо на вал електрогенератора з мінімальною кількістю проміжних перетворень; при цьому бажано, щоб більша частина обладнання знаходилася на суші для простоти обслуговування.

У 2009 році перша хвильова електростанція увійшла в комерційну експлуатацію (2,25 МВт, в районі Агусадора, Португалія) (рис. 5.3).



Рисунок 5.3 – Хвильова електростанція в районі Агусадора, Португалія

Перша хвильова електростанція

- розташована на відстані 5 км від берега;
- офіційно відкрита 23.09.2008;
- потужність – 2,25 МВт, планується збільшити до 21 МВт;
- в електрику перетворюється ~1 % енергії хвилювання;
- складається з 3-х пристроїв під назвою Pelamis P-750 – великі плаваючі об'єкти змеєвидного типу (довжина 120 м, діаметр 3,5 м, вага 750 т);
- Pelamis P-750 складається з секцій, між секціями закріплені гідравлічні поршні. У середині кожної секції є гідравлічні двигуни та електрогенератори. Під впливом хвиль конвертери гоюдаються на поверхні води, і це змушує працювати гідравлічні поршні, які, в свою чергу, приводять в рух масло. Масло проходить через гідравлічні двигуни, що приводить в рух електричні генератори, які виробляють електроенергію.

Установка *Oyster* (рис. 5.4) розташовується неподалік від берега Шотландії, на глибині 10-12 метрів. Коли до берега рухається хвиля, вона нахилиє цю стінку. Спрацьовує спеціальний поршень, і вода подається в трубопровід високого тиску, що веде на берегову гідроелектростанцію. Цей ефект нагадує роботу ножного автомобільного насоса, коли ви тиснете ногою на педаль, а повітря закачується в шину. Тільки тут роль ноги грає хвиля, а роль педалі – п'ятитрубная стінка установки *Oyster*.

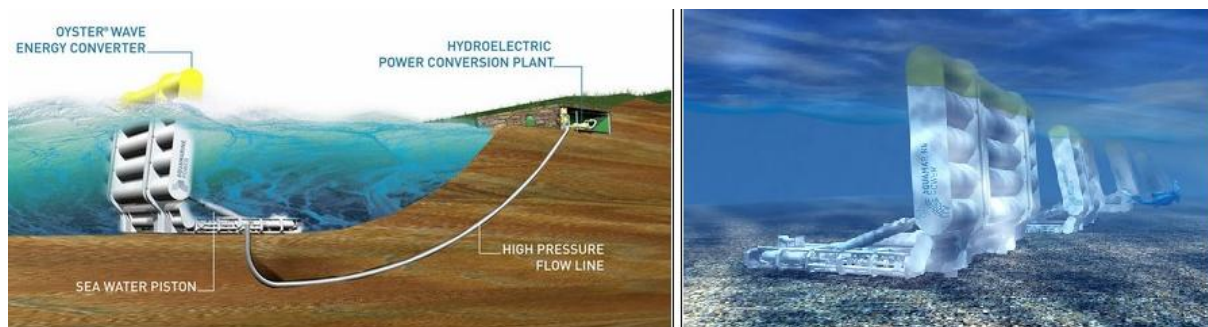


Рисунок 5.4 – Хвильова енергоустановка *Oyster*

Місця з найбільшим потенціалом для хвильової енергетики – західне узбережжя Європи, північне узбережжя Великобританії та Тихоокеанське узбережжя Північної, Південної Америки, Австралії та Нової Зеландії, а також узбережжя Південної Африки.

Проблема застосування ХЕС: штормові хвилі гнуть і мнуть навіть сталеві лопаті водяних турбін. Тому доводиться застосовувати методи штучного зниження потужності, що відбирається від хвиль.

Переваги: хвильові електростанції можуть виконувати роль хвилезаспокоювачів, захищаючи порти, гавані і берега від руйнування; малопотужні хвильові електрогенератори деяких типів можуть встановлюватися на стінках причалів, опорах мостів, зменшуючи вплив хвиль на них; оскільки питома потужність хвилювання на 1-2 порядки перевищує питому потужність вітру, хвильова енергетика може виявитися більш вигідною, ніж вітрова.

Недоліки: з точки зору соціально-економічних проблем, хвильова енергетика (а точніше деякі типи генераторів) може призвести до витіснення рибалок із продуктивних рибпромислових районів і може становити небезпеку для безпечного плавання

Теплова енергія океану

Поверхнева вода досить тепла, щоб випаровувати рідину з низькою температурою кипіння, зокрема, аміак. Пар низькокиплячої рідини обертає турбіну і потім при проходженні повз холодну води конденсується (рис. 5.5).

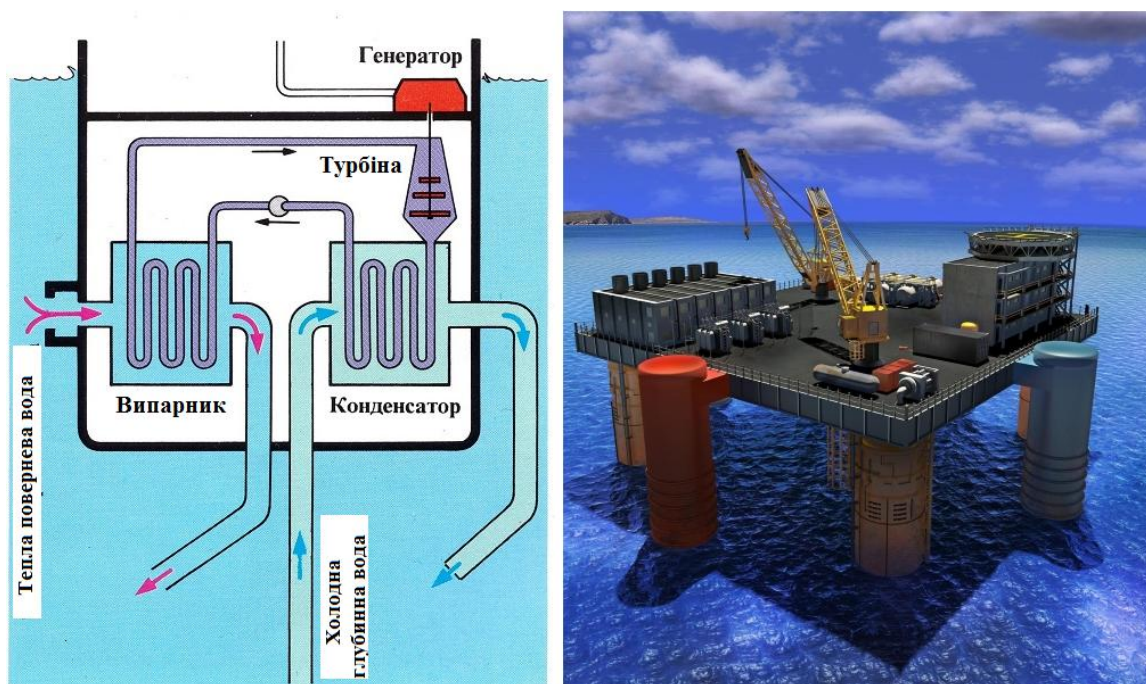


Рисунок 5.5 – Платформа ОТЕС (перші букви англійський слів Ocean Thermal Energy Conversion)

Станції ОТЕС з потужністю у багато десятків і сотень мегават проєктуються без судна. Це – одна грандіозна труба, у верхній частині якої знаходиться круглий машинний зал, де розміщені всі необхідні пристрої для перетворення енергії. Верхній кінець трубопроводу холодної води розташується в океані на глибині 25,50 м. Машинний зал проєктується навколо труби на глибині близько 100 м. Там будуть встановлені турбоагрегати, що працюють на парах аміаку, а також все інше обладнання. Маса всієї споруди перевищує 300 тис. т. Головна труба йде майже на кілометр в холодну глибину океану.

Завдання на самопідготовку

Закріпити отримані на лекції знання та підготувати доповіді на тему:

1. Ризик небезпеки аварій на гідроелектростанціях.
2. Перспективи розвитку альтернативної гідроенергетики.
3. Екологічні аспекти альтернативної гідроенергетики.

Питання для самоконтролю

1. Охарактеризуйте гідроенергетику як галузь відновлювальної енергетики.
2. Опишіть розвиток гідроенергетики в Україні.
3. Що таке гідроелектростанція? Наведіть різновиди ГЕС.
4. Наведіть основні умови (фактори) необхідні для ефективного вироблення електроенергії на ГЕС.
5. Принцип роботи і класифікації ГЕС.
6. Дайте характеристику гідроакумулюючим ГЕС (ГАЕС): принцип роботи, основне призначення.
7. Опишіть особливості застосування, переваги і недоліки ГЕС.
8. Наведіть найбільші аварії на ГЕС.
9. Опишіть різновиди альтернативної гідроенергетики, перспективи розвитку.
10. Які умови є необхідними для будівництва альтернативних ГЕС, що використовують енергію океанів і морів?
11. Охарактеризуйте екологічні аспекти гідроенергетики.

ЛЕКЦІЯ 6. АЛЬТЕРНАТИВНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ: СОНЯЧНА ТА ВІТРОВА ЕНЕРГЕТИКА

План

6.1. Сонячна енергетика (геліоенергетика).

6.2. Вітрова енергетика

Завдання на самопідготовку

Альтернативна енергетика – сукупність перспективних способів отримання, передачі і використання енергії, які поширені не так широко, як традиційні, проте представляють інтерес через вигідності їх використання і, як правило, низький ризик заподіяння шкоди довкіллю.

6.1 Сонячна енергетика (геліоенергетика)

Сонячна енергетика – напрям альтернативної енергетики, заснований на безпосередньому використанні сонячного випромінювання для отримання енергії в будь-якому вигляді.

Переваги:

- Перспективність, доступність і невичерпність джерела енергії в умовах постійного зростання цін на традиційні види енергоносіїв;
- Теоретично, повна безпека для навколишнього природного середовища, хоча існує ймовірність того, що повсюдне впровадження сонячної енергетики може змінити альбедо земної поверхні і призвести до зміни клімату.

Недоліки:

- Залежність від погоди і часу доби;
- Сезонність в середніх широтах і розбіжність періодів вироблення енергії і потреби в енергії. Нерентабельність у високих широтах;
- Як наслідок, необхідність акумуляції енергії;
- При промисловому виробництві – необхідність дублювання сонячних електростанцій маневреними електростанціями порівнянної потужності;
- Висока вартість конструкції, пов'язана із застосуванням рідкісних елементів (наприклад, індій і телур).
- Необхідність періодичної очистки відбиваючої/поглинальної поверхні від забруднення.
- Нагрівання атмосфери над електростанцією.

Способи отримання електрики і тепла з сонячного випромінювання

1. Фотовольтаїка – отримання електроенергії за допомогою фотоелементів. Перетворення сонячної енергії в електричну здійснюється в **фотоелектричних перетворювачах (ФЕП)**, робота яких заснована на **фотоелектричному ефекті** (випусканні електронів речовиною під дією світла), що виникає в неоднорідних напівпровідникових структурах.

Залежно від матеріалу, конструкції і способу виробництва прийнято розрізняти три покоління ФЕП:

ФЕП першого покоління – кристалічні

- на сьогодні найбільш поширені;
- собівартість виробництва останнім часом значно зменшилась (< 4,30 \$/Вт встановленої потужності).

Виробники – Suntech Power, JA Solar, Yingli Green Solar, Solarfun Power, Trina Solar.

Види ФЕП першого покоління:

- Монокристалічні кремнієві (mc-Si) (рис. 6.1), містять багато силіконових осередків, які фіксуються в міцному склопластиковому захисному корпусі, що забезпечує їх популярність і зручність використання. Переваги: строк експлуатації > 30 років, компактність, невелика вага, гнучкість (незалежна від нерівностей), високий ККД (до 24 %). Недолік: сильна залежність від погодних умов.

- Полікристалічні кремнієві (m-Si) (рис. 6.2): дешевше за монокристалічні (з причини виготовлення методом лиття) і менш залежні від рівня освітленості; на відміну від чорно-сірих монокристалічних батарей, полікристали



Рисунок 6.1 – Монокристалічні кремнієві ФЕП (mc-Si)

мають характерний синій відтінок; ККД 10-12 %; менш стабільні в часі.

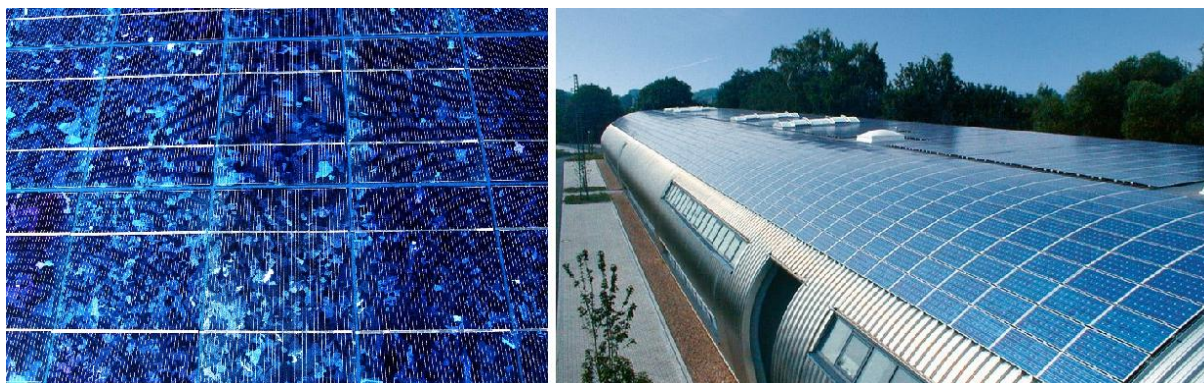


Рисунок 6.2 – Полікристалічні кремнієві ФЕП (m-Si)

- Арсенід-галієві (GaAs) (рис. 6.3): ККД 35-40 %; значно легші; достатньо мати товщину 5-6 мкм для отримання ККД > 20 %, тоді як товщина кремнієвих елементів не може бути менше 50-100 мкм без помітного зниження їх ККД; стійкість до високих температур (150-180 °С), тоді як для кремнієвих ФЕП $t > 60-70$ °С є критичною – ККД знижується вдвічі; завдяки високим температурам нагріву – можливість додаткового застосування теплового двигуна або паротурбіни, що використовують скидне тепло охолоджуючої рідини, що збільшує ККД 50-60 %; стійкі до руйнування потоками протонів і електронів високих енергій (радіації), тому застосовуються для космічних апаратів; значно дорожчі за кремнієві (на порядки), оскільки технологія виробництва більш складна, а галій є дефіцитним матеріалом. Компанія «Solara» розробляє безпілотні літальні апарати, які можуть літати у вищих шарах атмосфери до п'яти років, перш ніж повернутися на землю в цілості й схоронності.

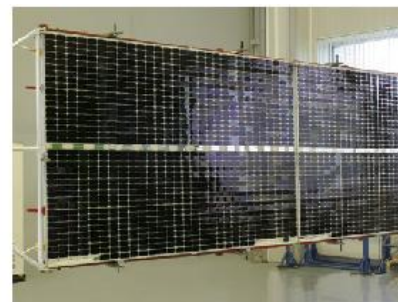
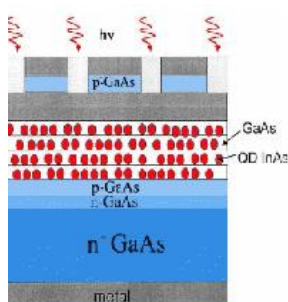


Рисунок 6.3 – Арсенід-галієві ФЕП (GaAs)

ФЕП другого покоління – тонкослойні

- виробляються нанесенням шарів вакуумним методом;
- менш енергозатратна;
- вимагає менших капітальних вкладень;
- дозволяє випускати гнучкі дешеві ФЕП великої площі;
- ККД нижче, ніж у ФЕП першого покоління.

Виробники: First Solar, Q-Cells, Solyndra, Miasole.

Матеріали ФЕП другого покоління: аморфний кремній (a-Si), мікро- і нанокремній ($\mu\text{-Si}/\text{nc-Si}$), кремній на склі (CSG), теллурид кадмію (CdTe), селенід галію-індію-міді (CIGS) і селенід індію-міді (CIS).

Види ФЕП другого покоління:

- З аморфного кремнію (a-Si) (рис. 6.4). Переваги: зручний монтаж; відносно низька ціна; невисока втрата ефективності роботи від погодних умов. Недоліки: потреба істотної за площею поверхні для розміщення (в 2-2,5 рази більше аналогічних за потужністю кристалічних панелей); низький ККД (~ 5-6 %).



Рисунок 6.4 – ФЕП з аморфного кремнію (a-Si)

- халькогенідні ФЕП (CIGS, CdTe) (рис. 6.5). Переваги: можливість створення легких і гнучких елементів на основі полімерних плівок і металевих фольг і пов'язана з цим висока питома потужність 2,5 кВт/кг; низька ціна при масовому виробництві; низькі витрати напівпровідникових матеріалів зважаючи на малу товщину активних шарів (від нм до декількох мікрон); виняткова радіаційна стійкість, застосування у космосі.

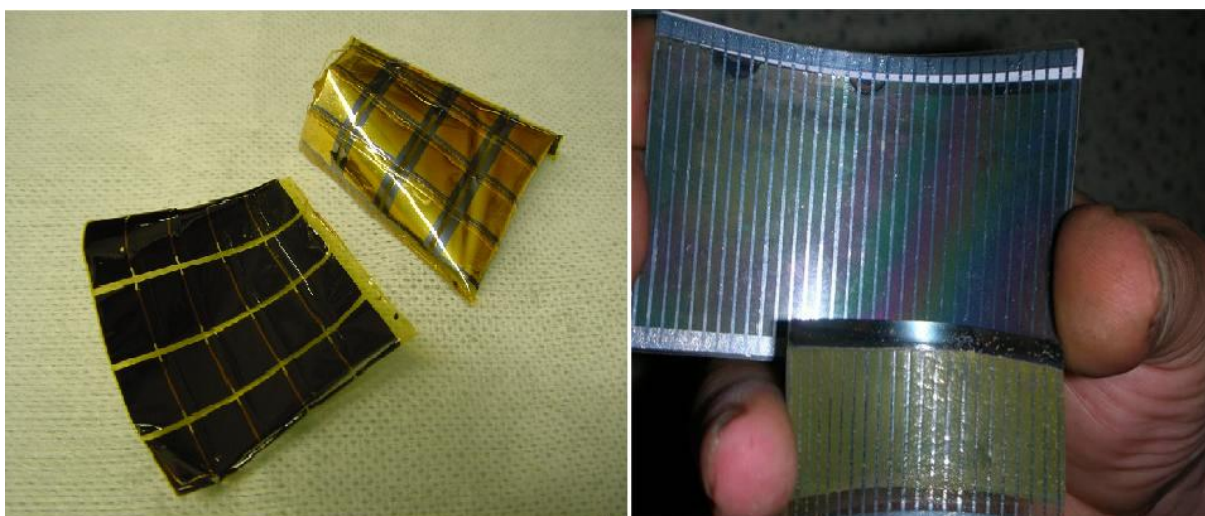


Рисунок 6.5 – Халькогенідні ФЕП (CIGS, CdTe)

ФЕП третього покоління

Ідея створення полягала в подальшому зниженні собівартості ФЕП, відмову від використання дорогих і токсичних матеріалів на користь дешевих полімерів і електролітів, що піддаються переробці. Важливою відмінністю також є можливість нанесення шарів друкованими методами, наприклад, за технологією «рулон-до-рулону» (R2R). В даний час основна частина проектів в області ФЕП третього покоління знаходяться на стадії досліджень.

Види ФЕП третього покоління:

- фотосенсібілізовані барвником (DSC),
- органічні (OPV),
- неорганічні (CTZSS).

Виробники – Konarka, Solarmer, IBM, Plextronics.

2. Геліотермальна енергетика – нагрівання поверхні, що поглинає сонячні промені, і подальший розподіл і використання тепла (фокусування сонячного випромінювання на посудині з водою для подальшого використання нагрітої води в опаленні або в парових електрогенераторах).

Застосовується як для промислового отримання електроенергії, так і для нагріву води для побутового застосування

Сонячний колектор – пристрій для збору теплової енергії Сонця (геліоустановка), яка переноситься видимим світлом і ближнім інфрачервоним випромінюванням.

На відміну від сонячних батарей, які виробляють безпосередньо електрику, сонячний колектор здійснює нагрів матеріалу-теплоносія. Зазвичай застосовуються для потреб гарячого водопостачання та опалення приміщень.

Плоскі сонячні колектори (рис. 6.6) складаються з елемента, що поглинає сонячне випромінювання (абсорбер), прозорого покриття і термоізолюючого шару. *Абсорбер* покривається чорною фарбою або спеціальним селективним покриттям (зазвичай чорний нікель) для підвищення ефективності.



Рисунок 6.6 – Плоскі сонячні колектори

Прозорий елемент зазвичай виконується із загартованого скла з пониженим вмістом металів або особливого рифленого полікарбонату. Задня частина панелі покрита *теплоізоляційним матеріалом* (наприклад, поліізоціану-

ріт). Трубки, якими поширюється теплоносій, виготовляються із зшитого поліетилену або міді. Сама панель є повітронепроникною, для чого отвори в ній зароблюються силіконовим герметиком. При відсутності забору тепла (застої) плоскі колектори здатні нагрівати воду до 190-200 °С.

Переваги: здатність очищуватись від снігу та інею, висока продуктивність влітку, відмінне співвідношення ціна/продуктивність для південних широт і теплого клімату, можливість встановлення під будь-яким кутом, менша початкова вартість.

Недоліки: високі тепловтрати, низька працездатність у холодну пору року, складність монтажу з необхідністю доставки на дах зібраного колектору, висока парусність.

Вакуумні сонячні колектори (рис. 6.7). Можливе підвищення температур теплоносія аж до 250-300 °С в режимі обмеження відбору тепла. Домогтися цього можна за рахунок зменшення теплових втрат в результаті використання багат шарового скляного покриття, герметизації або створення в колекторах вакууму.



Рисунок 6.7 – Вакуумні сонячні колектори

Фактично сонячна теплова труба має пристрій, схожий з побутовими термосами. Тільки зовнішня частина труби прозора, а на внутрішній трубці нанесено високоселективне покриття, яке вловлює сонячну енергію. Між зовнішньою і внутрішньою скляною трубкою знаходиться вакуум. Саме вакуумна прошарок дає можливість зберегти близько 95 % вловлюється теплової енергії. Сучасні побутові сонячні колектори здатні нагрівати воду аж до температури кипіння навіть при негативній температурі навколишнього середовища.

Переваги: низькі тепловтрати, працездатність у холодну пору року до -30 °С, здатність генерувати високі температури, тривалий період роботи у продовж доби, зручність монтажу, низька парусність, відмінне співвідношення ціна/продуктивність для помірних широт і холодного клімату.

Недоліки: нездатність до самоочищення від снігу, відносно висока початкова вартість проекту, робочий кут нахилу не менш 20 °С.

Принцип роботи побутового колектора

Теплоносій (вода, повітря, масло або антифриз) нагрівається, циркулюючи через колектор, а потім передає теплову енергію в бак-акумулятор, що накопичує гарячу воду для споживача.

У найпростішому варіанті циркуляція води відбувається природно через різницю температур в колекторі і баку-акумуляторі, який розташовується вище.

У більш складному варіанті колектор має свій контур, заповнений водою або антифризом. У контур включається насос для циркуляції теплоносія. Бак може розташовуватися як безпосередньо поруч з колектором, так і всередині будівлі.

У тих випадках, коли сонячної енергії недостатньо, температуру води на потрібному рівні підтримує додатковий електричний нагрівальний елемент, який встановлюють за баком-акумулятором.

Бувають і **сонячні водонагрівальні установки акумуляційного типу**, в яких відсутній окремий бак-акумулятор, а нагріта вода зберігається безпосередньо в сонячному колекторі. У цьому випадку установка являє собою близький до прямокутної форми бак

Сонячні вежі (рис. 6.8) – система уловлювання сонячних променів, що складається з поля геліостатів – плоских відбивачів, керованих по двох координатах. Кожен геліостат відбиває промені сонця на поверхню центрального приймача, який для усунення впливу взаємного затінення піднятий над полем геліостатів. За своїми розмірами і параметрами приймач аналогічний паровому котлу звичайного типу.

Параболоциліндричні концентратори (рис. 6.9) фокусують сонячне випромінювання в лінію і можуть забезпечити його стократну концентрацію. У фокусі параболи розміщується трубка з теплоносієм (масло), або фотоелектричний елемент. Масло нагрівається в трубці до температури 300-390 °С.



Рисунок 6.8 – Сонячні вежі

Параболоциліндричні дзеркала виготовляють довжиною до 50 метрів. Дзеркала орієнтують по осі північ-південь, і розташовують рядами через кілька метрів. Теплоносій надходить в тепловий акумулятор для подальшого вироблення електроенергії паротурбінним генератором.



Рисунок 6.9 – Параболоциліндричні концентратори

Параболічні концентратори (рис. 6.10) мають форму параболоїда обертання.



Рисунок 6.10 – Параболічні концентратори

Параболічний відбивач управляється за двома координатами при стеженні за сонцем. Дзеркала відображають близько 92 % падаючого на них сонячного випромінювання. У фокусі відбивача на кронштейні закріплений двигун Стірлінга, або фотоелектричні елементи. В якості робочого тіла двигуна Стірлінга використовується, як правило, водень, або гелій.

Вплив сонячної енергетики на довкілля:

1) При виробництві фотоелементів рівень забруднень не перевищує допустимого рівня для підприємств мікроелектронної промисловості. Сучасні фотоелементи мають термін служби 30-50 років. Застосування кадмію, зв'язаного у сполуках, при виробництві деяких типів фотоелементів з метою підвищення ефективності перетворення, ставить складне питання їх утилізації, який теж не має поки прийнятної з екологічної точки зору рішення, хоча такі елементи мають незначне поширення, і сполукам кадмію при сучасному виробництві вже знайдена гідна заміна.

2) Останнім часом активно розвивається виробництво тонкоплівкових фотоелементів, у складі яких міститься всього близько 1 % кремнію, за відношенням до маси підкладки, на яку наносяться тонкі плівки. Через малу витрату матеріалів на поглинаючий шар тонкоплівкові кремнієві фотоелементи дешевші у виробництві, але поки мають меншу ефективність і непереможну деградацію характеристик у часі.

3) Сонячні концентратори викликають великі за площею затінення земель, що призводить до сильних змін ґрунтових умов, рослинності, тощо. Небажану екологічну дію в районі розташування станції викликає нагрівання повітря при проходженні через нього сонячного випромінювання, сконцентрованого дзеркальними відбивачами. Це призводить до зміни теплового балансу, вологості, напрямку вітрів; в деяких випадках можливі перегрів і загоряння систем, що використовують концентратори, з усіма витікаючими звідси наслідками. Застосування низькокипящих рідин і неминучі їх витіки в сонячних енергетичних системах під час тривалої експлуатації можуть призвести до значного забруднення питної води. Особливу небезпеку становлять рідини, що містять хромати і нітроти, які є високотоксичними речовинами.

6.2 Вітрова енергетика

Вітрова енергетика – галузь енергетики, що спеціалізується на перетворенні кінетичної енергії повітряних мас в атмосфері в електричну, механічну, теплову або в будь-яку іншу форму енергії, зручну для використання в народному господарстві.

Таке перетворення може здійснюватися такими агрегатами, як:

- *вітрогенератор* (для отримання електричної енергії),
- *вітряк* (для перетворення в механічну енергію),
- *вітрило* (для використання у транспорті) та іншими.

Вітроенергетика – галузь енергетики, яка бурхливо розвивається (2,5 % всієї виробленої електроенергії). У 2014 році у Данії – 39 %; у Португалії – 23 %; в Ірландії – 14 %, в Іспанії – 16 %; у Німеччині – 8 %. У травні 2009 року 80 країн світу використовували вітроенергетику на комерційній основі

Історія використання енергії вітру

Вітряки використовувались для розмелювання зерна в Персії вже в 200-му році до н. е. В XIII ст. були принесені в Європу хрестоносцями. Млини на козлах (*німецькі млини*), були до середини XVI ст. єдино відомими. Сильні бурі могли перекинути такий млин разом зі станиною. У XVI ст. фламандці винайшли *шатрові млини*: щоб повернути крила за вітром, необхідно було повернути лише дах. Вітряки, що виробляють електрику, були винайдені в XIX ст. в Данії. Відродження вітроенергетики почалося в 1980-х, коли в Каліфорнії почали надаватися податкові пільги для виробників електроенергії з вітру.

Вітрогенератор – пристрій для перетворення кінетичної енергії вітрового потоку в механічну енергію обертання ротора з подальшим її перетворенням в електричну енергію.

Особливості застосування вітрогенераторів:

- повна відсутність як сировини, так і відходів. Єдина важлива вимога – високий середньорічний рівень вітру (*починає виробляти струм при вітрі 3 м/с і відключається при вітрі > 25 м/с*);
- Потужність сучасних ВГ досягає 7,5 МВт і залежить від: *площі, що охоплюється лопастями, висоти над поверхнею (визначає швидкість вітру)*.
- Максимальна потужність – при вітрі 15 м/с.

$$N = \rho \cdot S \cdot V^3 / 2, \tag{6.1}$$

де V – швидкість вітру,
 ρ – густина повітря,
 S – площа, що охоплюється.

Залежність потужності вітрогенераторів від їх розмірів наведено в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Потужності вітрогенераторів і їх розміри

Параметр	1 МВт	2 МВт	2,3 МВт
Висота щогли	50-60 м	80 м	80 м
Довжина лопасті	26 м	37 м	40 м
Діаметр ротору	54 м	76 м	82,4 м
Вага ротору	25 т	52 т	52 т
Повна вага машинного відділення	40 т	82 т	82,5 т

Класифікуються за кількістю лопастей, за матеріалами, з яких вони виконані, за віссю обертання і за кроком гвинта.

Існують два основних типи вітротурбін:

- 1) з горизонтальною віссю обертання (*крильчасті*) (рис. 6.11).

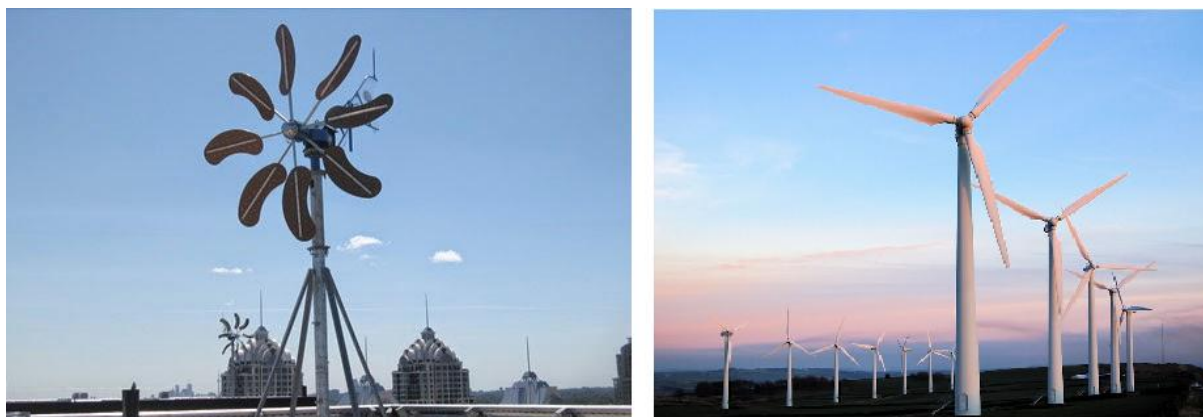


Рисунок 6.11 – Вітрогенератори з горизонтальною віссю обертання

Переваги: висока ефективність, що забезпечує їх широке використання (~ 88 %), особливо, у промислових масштабах (високий ККД до 50 %).

Недоліки: повинні мати систему стеження за напрямком вітру для зміни орієнтації «на вітер»; залежні від швидкості вітру: виключаються при слабкому вітрі і при швидкості > 25 м/с; для технічного обслуговування необхідні підйомник чи кран; генерують шум та створюють неприємні тіні, що обмежує їх використання у житлових районах.

2) з вертикальною віссю обертання:

- «карусельні» – роторні (у тому числі «ротор Савоніуса») (рис. 5.12),

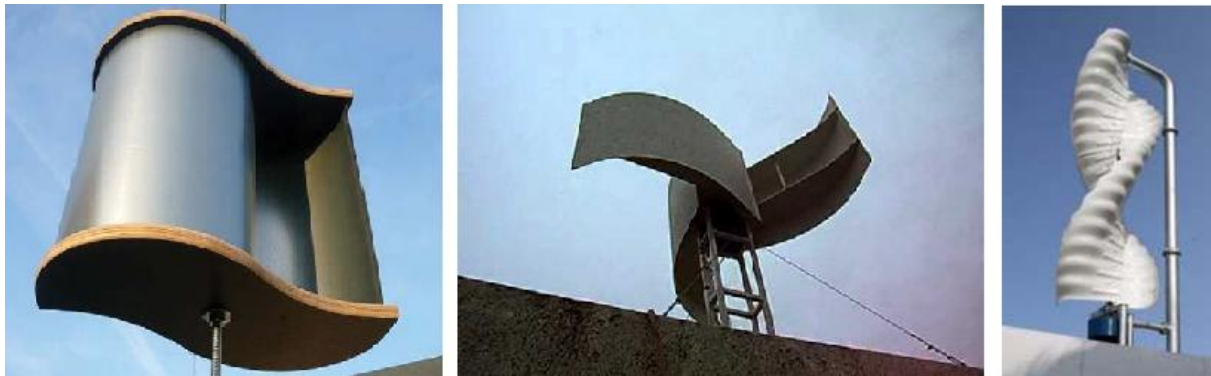


Рисунок 6.12 – «Карусельні» роторні вітрогенератори

- «лопастеві» ортогональні – ротор Дар'є (рис. 6.13).

Переваги: не мають потреби орієнтації «на вітер»; більше підходять для турбулентних вітрових умов; починають обертатися вже на низьких швидкостях вітру; генератор розташовується на рівні землі, що полегшує технічне обслуговування; тихіше і тому підходять для житлових районів і міст. Недоліки: невисока ефективність (ККД до 40 %), що обумовлює малу розповсюдженість (12 %); високі вібрації і навантаження.



Рисунок 6.13 – «Лопастеві» ортогональні вітрогенератори

Існує 3 категорії вітрогенераторів: промислові, комерційні та побутові (для приватного використання). Будову вітрогенератора з горизонтальною віссю обертання зображено на рисунку 6.14.

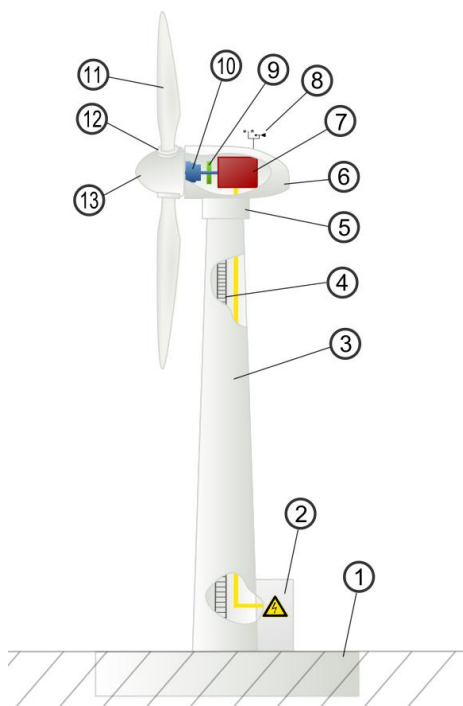


Рисунок 6.14 – Будова вітрогенератора з горизонтальною віссю обертання:

1 – фундамент; 2 – силова шафа, що включає силові контактори й ланцюги керування; 3 – вежа; 4 – сходи; 5 – поворотний механізм; 6 – гондола; 7 – електричний генератор; 8 – система спостереження за напрямком і швидкістю вітру (анемометр); 9 – гальмівна система; 10 – трансмісія; 11 – лопасті; 12 – система зміни кута атаки; 13 – ковпак ротора; система пожежегасіння; телекомунікаційна система для передачі даних про роботу вітрогенератора; система захисту від блискавки

Як правило, для невеликого котеджу достатньо вітряка номінальною потужністю 1 кВт, при швидкості вітру 9 м/с.

Екологічні аспекти вітроенергетики

Вітрогенератор потужністю 1 МВт скорочує щорічні викиди в атмосферу ~ 1800 т CO₂, 9 т SO₂, 4 т NO_x.

Вплив на клімат. Зниження середньої швидкості вітрів здатне зробити клімат регіону трохи більш континентальним за рахунок того, що повітряні маси, які рухаються більш повільно, встигають сильніше нагріватися влітку і охолоджуватися взимку. Також відбір енергії у вітру може сприяти зміні режиму вологості прилеглої території.

Згідно моделюванню Стенфордського університету, великі вітроелектростанції можуть істотно послабити урагани, зменшуючи економічний збиток від їх впливу.

Шум. Вітрогенератори виробляють два різновиди шуму:

- *механічний шум* – шум від роботи механічних і електричних компонентів (для сучасних вітрогенераторів практично відсутній, але є значним у вітрогенераторах старших моделей);

- *аеродинамічний* – шум від взаємодії вітрового потоку з лопастями установки (посилюється при проходженні лопасті повз вежу вітроустановки).

У безпосередній близькості від вітрогенератора у осі вітроколеса рівень шуму великої вітроустановки може перевищувати 100 дБ.

Закони, прийняті у Великобританії, Німеччині, Нідерландах та Данії, обмежують рівень шуму від вітряної енергоустановки, що працює, до 45 дБ у денний час і до 35 дБ вночі.

Мінімальна відстань від вітрової електростанції до житлових будинків – 300 м.

Низькочастотні вібрації. Низькочастотні коливання, що передаються через ґрунт, викликають відчутний брязкіт скла в будинках на відстані до 60 м від вітроустановок мегаватного класу. На відстані у 300 м внесок вітроустановки в інфразвукові коливання вже не може бути виділений з фонових коливань.

Обледеніння лопастей. При експлуатації вітроустановок в зимовий період при високій вологості повітря можливе утворення крижаних наростів на лопастях. При пуску вітроустановки можливий розліт льоду на значну відстань.

У разі легкого обмерзання лопатей були відзначені випадки поліпшення аеродинамічних характеристик профілю.

Візуальне вплив – суб'єктивний фактор. Для поліпшення естетичного вигляду вітряних установок в багатьох великих фірмах працюють професійні дизайнери. Ландшафтні архітектори залучаються для візуального обґрунтування нових проектів.

Використання землі. Турбіни займають лише 1 % від усїєї території вітряної ферми. На 99 % площі ферми можливо займатися с/г або іншою діяльністю, що і відбувається в таких густонаселених країнах, як Данія, Нідерланди, Німеччина. Фундамент вітроустановки, що займає місце ~ 10 м в діаметрі, зазвичай повністю знаходиться під землею, дозволяючи розширити с/г-використання землі практично до самої основи вежі. У США вартість оренди землі під однією турбіною становить \$ 3000 - \$ 5000 на рік.

Шкода, що наноситься тваринам і птахам. Популяції кажанів, що живуть поряд з ВЕС на порядок більш уразливі, ніж популяції птахів. Біля кінців лопастей вітрогенераторів утворюється область зниженого тиску, і ссавець, що потрапив в неї, отримує баротравму. Більше 90 % кажанів, знайдених поруч з вітряками виявляють ознаки внутрішнього крововиливу. За поясненнями вчених, птахи мають іншу будову легенів, а тому менш сприйнятливі до різких перепадів тиску і страждають тільки від безпосереднього зіткнення з лопастями вітряків.

Завдання на самопідготовку

Закріпити отримані на лекції знання та підготувати доповіді на тему:

1. Двигун Стірлінга. Застосування у геліотермальній енергетиці.
2. Сонячне опріснення. Сонячна вежа.
3. Фотоелектричні перетворювачі третього покоління: фотосенсібілізованні барвником, органічні, неорганічні (будова, принцип роботи, перспективи застосування).

Питання для самоконтролю

1. Що таке альтернативна енергетика? Опишіть її різновиди.
2. Дайте визначення поняттю сонячна енергетика (геліоенергетика), наведіть її переваги і недоліки.
3. Що таке фотовольтаїка? На чому ґрунтується робота фотоелектричних перетворювачів?
4. Охарактеризуйте три покоління ФЕП.
5. Що таке геліотермальна енергетика?
6. Дайте характеристику плоских і вакуумних сонячних колекторів: будова, принцип роботи, переваги та недоліки.
7. Що таке сонячні вежі?
8. Опишіть принцип роботи параболоциліндричних та параболічних концентраторів.
9. Наведіть екологічні проблеми сонячної енергетики.
10. Дайте визначення поняттю вітрова енергетика, наведіть її переваги і недоліки.
11. Що таке вітрогенератор? Опишіть його будову, типи, особливості застосування.
12. Опишіть два основних типи вітротурбін, їх переваги та недоліки.
13. Охарактеризуйте екологічні аспекти вітроенергетики.

ЛЕКЦІЯ 7. АЛЬТЕРНАТИВНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ: ГЕОТЕРМАЛЬНА ЕНЕРГЕТИКА, БІОЕНЕРГЕТИКА ТА ІНШІ

План

- 7.1. Геотермальна енергетика.
 - 7.2. Біоенергетика.
 - 7.3. Концептуальні джерела альтернативної енергії: грозова енергетика, керований термоядерний синтез.
- Завдання на самопідготовку

7.1 Геотермальна енергетика

Геотермальна енергетика – галузь енергетики, що ґрунтується на отриманні енергії з гарячих джерел, термальних підземних вод.

Геотермальна енергія – це тепло Землі, яке переважно утворюється внаслідок розпаду радіоактивних речовин у земній корі та мантиї.

Досягти цього тепла можна за допомогою свердловин. Геотермічний градієнт в свердловині збільшується на ~ 1 °C кожні 36 м. Це тепло доставляється на поверхню у вигляді пари або гарячої води і може використовуватися як безпосередньо для обігріву будинків і будівель, так і для виробництва електроенергії.

Геотермальні ресурси, які на сьогодні практично використовуються, складають лише 1 % від загального теплового запасу надр.

Перспективними є райони, в яких:

- зростання температури з глибиною відбувається досить інтенсивно,
- колекторські властивості гірських порід дозволяють одержувати з тріщин значні кількості нагрітої води чи пари,
- склад мінеральної частини термальних вод не створює додаткових труднощів по боротьбі із солевідкладеннями і кородуванням устаткування.

Господарське застосування геотермальних джерел (табл. 7.1) поширене в Ісландії та Новій Зеландії, Італії та Франції, Китві, Мексиці, Нікарагуа, США, Коста-Ріці, Філіппінах, Індонезії.

Таблиця 7.1 – Встановлена потужність по країнах

Країна	Потужність, МВт (2007)	Потужність, МВт (2010)	Доля від загального вироблення електроенергії, 2010
Ісландія	421,2	575	30 %
Філіппіни	1969,7	1904	27 %
Сальвадор	204,2	204	14 %
Кенія	128,8	167	11,2 %
Нова Зеландія	471,6	628	10 %
США	2687	3086	0,3 %
Японія	535,2	536	0,1 %

Перспективними джерелами перегрітих вод володіють множинні вулканічні зони планети в тому числі Камчатка, Курильські, Японські і Філіппінські острови, великі території Кордильєр і Анд (рис. 7.1).

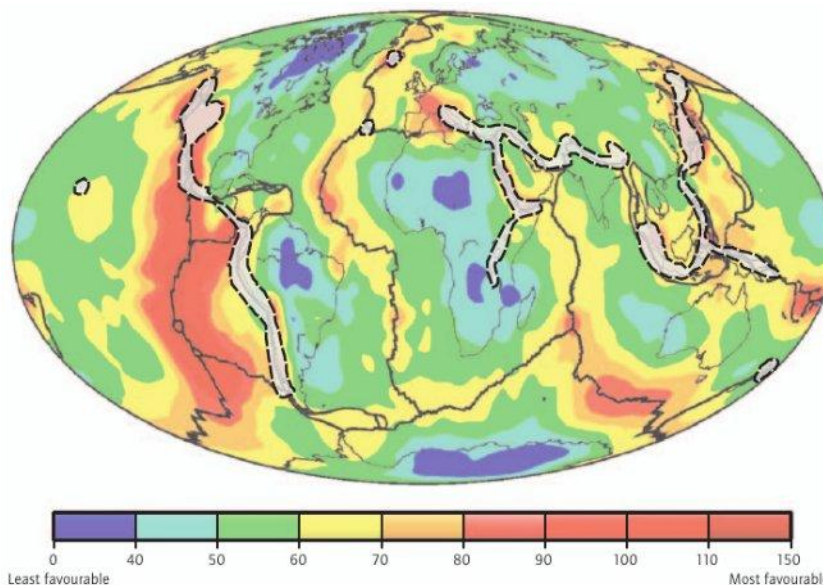


Рисунок 7.1 – Карта потенціалу розвитку геотермальної енергетики в світі (джерело: Міжнародне енергетичне агентство, ІЕА)

Виходячи з наявних оцінок запасів геотермальної енергії, пріоритетними районами в Україні є Керченський півострів, Закарпаття, Прикарпаття (Львівська обл.), Полтавська, Харківська, Херсонська, Чернігівська та інші (рис. 7.2).

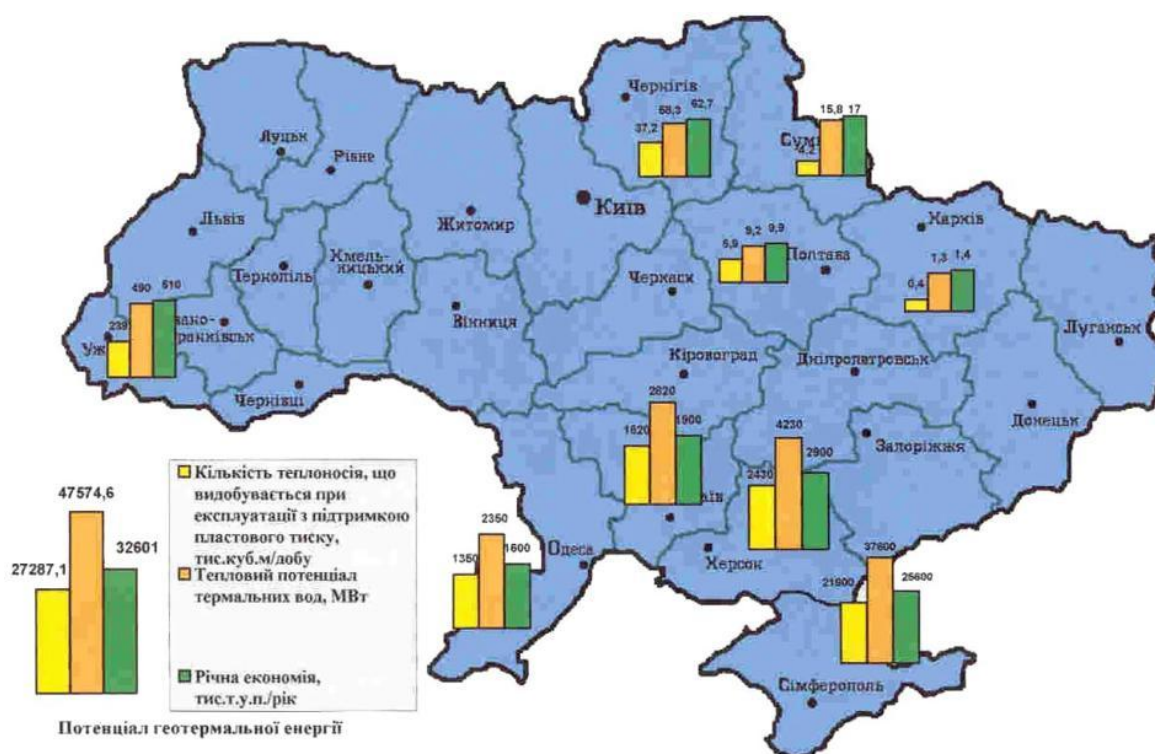


Рисунок 7.2 – Потенціал геотермальної енергії України

Усю природну теплоту, яка міститься в земній корі, можна розглядати як геотермальні ресурси двох видів:

- 1) пара, вода, газ; 2) розігріті гірські породи.

Відповідно геотермальна енергетика поділяється на два напрямки:

1) Гідротермальна енергетика: природні джерела геотермальних вод і газу шляхом буріння свердловини підіймаються на поверхню і використовуються для видобутку електроенергії в турбінах на електростанціях, або для тепlopостачання.

2) Петротермальна енергетика: видобуток тепла здійснюється за допомогою буріння двох свердловин, в одну з яких закачується вода, яка, нагріваючись, потрапляє в суміжну свердловину і виходить у вигляді пари (рис. 7.3).

Геотермальна електростанція (ГеоЕС або ГеоТЕС) – вид електростанцій, які виробляють електроенергію з теплової енергії підземних джерел.

Геотермальні води використовують двома способами:

- *фонтанним* (теплоносієм викидається в навколишнє середовище);
- *циркуляційним* (теплоносієм закачується назад в продуктивну товщу).

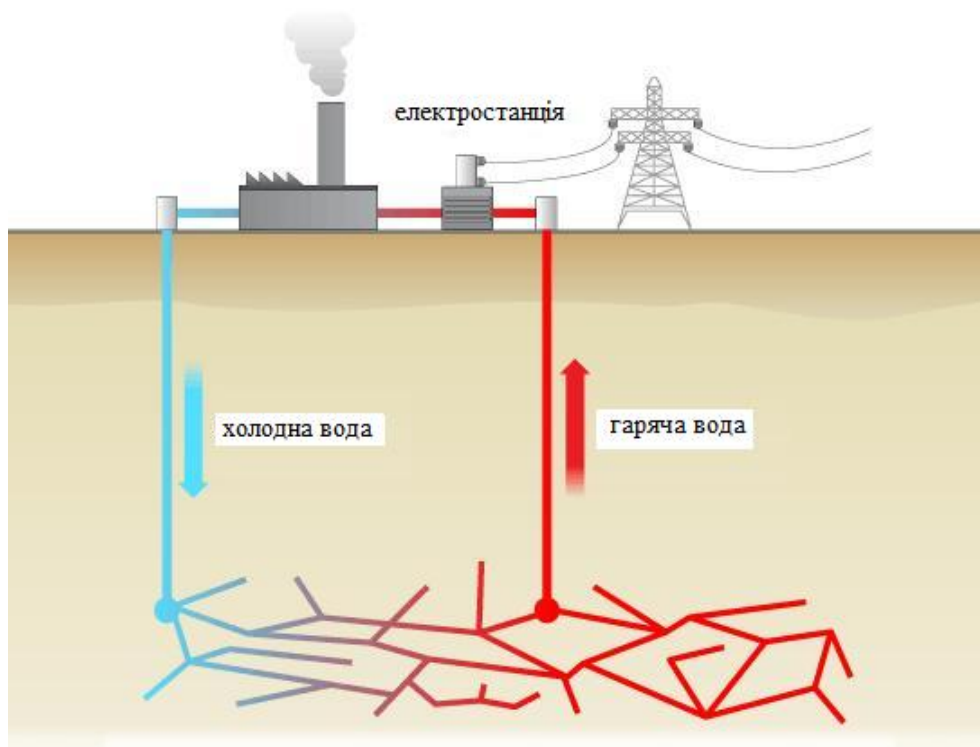


Рисунок 7.3 – Петроtermальна електростанція

Перший спосіб дешевше, але екологічно небезпечний, другий дорожчий, але забезпечує збереження довкілля.

Існує кілька способів отримання енергії на ГеоТЕС:

- пряма схема: пар напряму спрямовується трубами у турбіни, з'єднані з електрогенераторами;
- непряма схема: аналогічна прямій схемі, але перед попаданням в труби пар очищують від газів, що викликають руйнування труб, та домішок;
- бінарна схема: як робоче тіло використовується не термальна вода або пар, а інша рідина, що має низьку температуру кипіння. Термальна вода пропускається через теплообмінник, де утворюється пара іншої рідини, яка вже використовується для обертання турбіни.

Геотермальні теплові насоси

Середня температура Землі на глибині 3-5 м впродовж року 10-13 °C і вище. Цим можна скористатися для опалення й охолодження будинків, виробничих приміщень, тваринницьких ферм за допомогою тепло-обмінників і теплонасосних установок, що дає змогу заощаджувати до 50-70 % теплоти, яка використовується для створення оптимального температурного режиму в приміщеннях.

Для цього в землі за певною схемою прокладають канали для руху повітря або заривають труби, у які подається вода (чи інший теплоносій) (рис. 7.4). Незалежно від того, що циркулює в такій системі, за рахунок теплообміну з землею такий тепловий насос може поглинати тепло землі й передавати його в будинок у холодну пору року або переміщувати тепло з будинку в землю в спекотну пору.

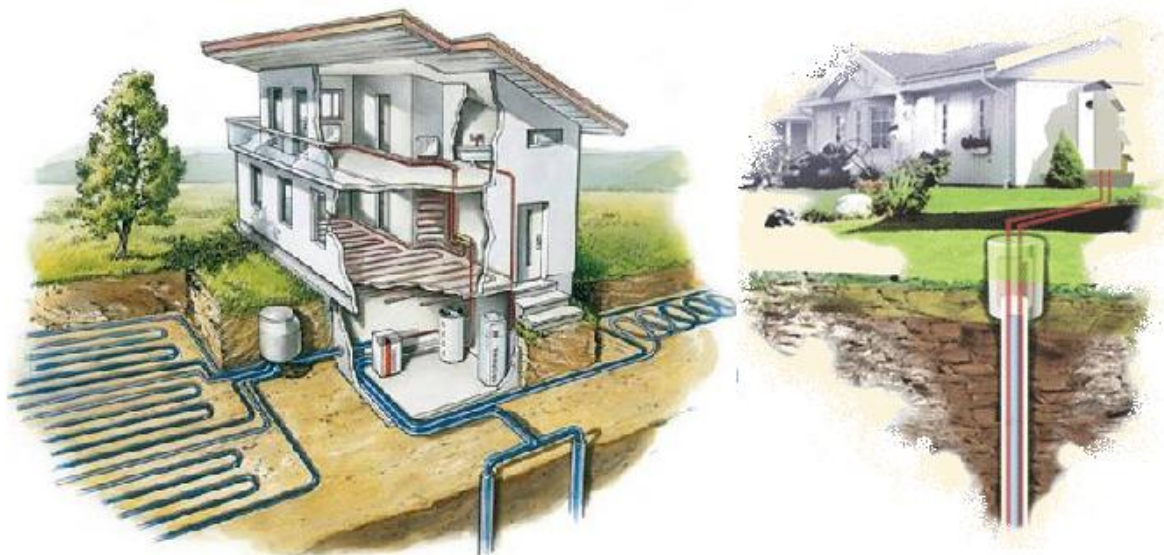


Рисунок 7.4 – Геотермальні теплові насоси

Переваги геотермальної енергії: її практична невичерпність і повна незалежність від умов навколишнього середовища, часу доби і року.

Недоліки: низька термодинамічна якість; необхідність використання тепла біля місця видобування; вартість спорудження свердловин виростає зі збільшенням глибини; характеризується різноплановим впливом на навколишнє природне середовище (в атмосферу надходить додаткова кількість розчинених в підземних водах сполук сірки, бору, миш'яка, аміаку, ртуті; викидається водяна пара, збільшуючи вологість; супроводжується акустичним ефектом; опускання земної поверхні; засолення земель).

7.2 Біоенергетика

Біоенергетика – галузь електроенергетики, заснована на використанні біопалива, яке створюється на основі використання біомаси.

Біопаливо (англ. *biofuel*) – органічні матеріали, рослинного, тваринницького походження, продукти їх розкладання, які використовуються для виробництва енергії, і є поновлюваним джерелом енергії; будь-яке паливо, яке містить (за об'ємом) $\geq 80\%$ матеріалів, отриманих від живих організмів, зібраних у межах 10 років перед виробництвом.

Покоління рослинних біопалив:

I Покоління: традиційні с/г-культури з високим вмістом жирів, крохмалю, цукрів. Рослинні жири добре переробляються в біодизель, крохмаль і цукор – на етанол. Недоліки: витратне землекористування з виснаженням ґрунтів і високими потребами в обробці ґрунтів, добривах і пестицидах; вилучення з ринку прямо впливає на ціну харчових продуктів.

II Покоління: нехарчові залишки культивованих рослин, трави і деревина. Така сировина містить целюлозу і лігнін, її можна спалювати (як дрова), газифікувати (отримуючи горючі гази), здійснювати піроліз. Недоліки: займані земельні ресурси і відносно невисока віддача з одиниці площі.

III Покоління: водорості. Не вимагають земельних ресурсів, можуть мати велику концентрацію біомаси і високу швидкість відтворення.

Тверде біопаливо

Дрова. В даний час в світі для виробництва дров або біомаси вирощують енергетичні ліси, що складаються з швидкозростаючих порід (тополя, евкаліпт і ін.). В нашій країні використовується зазвичай балансова деревина, що не підходить за якістю для виробництва пиломатеріалів.

Паливні гранули (пелети) та брикети – пресовані вироби з деревних відходів (тирси, тріски, кори, тонкомірної і некондиційної деревини, порубкових залишків при лісозаготівлях), соломи, відходів с/г (лушпиння соняшника, горіхової шкаралупи, гною, курячого посліду) та іншої біомаси. Пелети мають форму циліндричних або сферичних гранул діаметром 8-23 мм і довжиною 10-30 мм.

Рідке біопаливо

Біоетанол C_2H_5OH

- світове виробництво в 2005 – 36300 млн л (45 % у Бразилії і 44,7 % – у США). В Бразилії виробляється переважно з цукрового очерету, а в США з кукурудзи;

- є менш «енергощільним» джерелом енергії ніж бензин; пробіг машин, що працюють на *E85* (суміш 85 % етанолу і 15 % бензину), на одиницю об'єму палива складає ~ 75 % від пробігу стандартних машин;

- звичайні ДВЗ можуть працювати лише на *E10*. На «справжньому» етанолі можуть працювати тільки «*Flex-Fuel*» машини («гнучкопаливні» машини);

- при згорянні у відпрацьованих газах двигунів з'являються альдегіди (формальдегід і ацетальдегід), що завдають живим організмам не меншу шкоду, ніж ароматичні вуглеводні

Біометанол CH_3OH

- отримують шляхом промислового культивування та біотехнологічної конверсії морського фітопланктону;

- технологія розглядається як одна з найбільш перспективних;

- первинне виробництво біомаси здійснюється шляхом *культивування* фітопланктону в штучних водоймах, створюваних на морському узбережжі;

- вторинні процеси являють собою *метанове бродіння* біомаси і подальше гідроксилювання метану з отриманням метанолу.

- Переваги: висока продуктивність фітопланктону (до 100 т/га в рік); у виробництві не використовуються ні родючі ґрунти, ні прісна вода; процес не конкурує з с/г-виробництвом; існує енерговіддача на стадіях отримання метану і метанолу.

Біобутанол C_4H_9OH

- безбарвна рідина з характерним запахом. Широко використовується в промисловості. У США щорічно виробляється 1,39 млрд л приблизно на \$ 1,4 млрд – виробляється з використанням бактерії *Clostridia acetobutylicum*;

- не має корозійні властивості, може передаватися існуючою інфраструктурою;
- може, але не обов'язково повинен, змішуватися з традиційними паливами. Енергія бутанола близька до енергії бензину;
- може використовуватися в паливних елементах, і як сировина для виробництва водню;
- сировина: цукровий очерет, буряк, кукурудза, пшениця, маніока, а в майбутньому і целюлоза;
- компанії Associated British Foods (ABF), BP і DuPont будують у Великобританії завод з виробництва біобутанолу потужністю 20 млн літрів на рік з різної сировини.

Диметилловий ефір НЗС-О-СНЗ

- може вироблятися як з вугілля, природного газу, так і з біомаси. Багато виробляється з відходів целюлозо-паперового виробництва. Скраплюється за невеликого тиску;
- широка сфера застосування, в тому числі в якості багатоцільового палива;
- екологічно чисте паливо без вмісту сірки, вміст оксидів азоту у відпрацьованих газах на 90 % менше, ніж у бензину. Цетанове число диметилового дизеля > 55;
- для застосування необхідна переробка систем живлення (установка газобалонного обладнання, коректування сумішоутворення) і запалювання двигуна. Без переробки можливе застосування на автомобілях з LPG-двигунами при 30% вмісті в паливі;
- є слабким наркотиком. Вогнебезпечний, суміш з повітрям вибухонебезпечна, температура спалаху – 41°C

Біодизель

- біопаливо на основі рослинних або тваринних жирів (масел), а також продуктів їх *етерифікації* (реакції утворення складних ефірів при взаємодії кислот і спиртів);
- олія переетерифікується метанолом, рідше етанолом або ізопропіловим спиртом (~ в пропорції на 1 т масла 200 кг метанолу + КОН або NaOH) при 60 °C і нормальному тиску;
- сировиною можуть бути ріпакове, соєве, пальмове, кокосове масло, або будь-якого іншого масла-сирцю, а також відходи харчової промисловості, риб'ячий жир, тощо. Розробляються технології виробництва з водоростей;
- є альтернативним автомобільним паливом. Застосовується в чистому вигляді і у вигляді різних сумішей: B100 – 100 % біодизелю; B20 – 20 % біодизелю і 80 % звичайного дизельного пального.

Переваги біодизеля:

- міжремонтний термін експлуатації двигуна збільшується приблизно на 50 %;
- вищий показник змащувальної здатності, що сприяє тривалішому «життю» форсунок;

- цетанове число – 51, що покращує запуск двигуна;
- висока температура спалаху ($\geq 150\text{ }^{\circ}\text{C}$) робить біодизель одним з найбільш пожегобезпечних видів палива;
- кількість викидів твердих часток при роботі двигуна зменшується на 20-25 %, чадного газу - на 10-12 %, ніж при роботі на мінеральному дизельному паливі;
- не має неприємного бензолового запаху, а вихлоп машини, що працює на ньому, пахне смаженим насінням;
- при попаданні у воду не заподіює шкоди рослинам і тваринам. Піддається практично повному біологічному розпаду: за 28 днів мікроорганізми переробляють 99 %.

Недоліки біодизеля

- під виробництво сировини відчужуються великі земельні площі, на яких нерідко використовують підвищені дози засобів захисту рослин. Це призводить до біодеградації ґрунтів і зниження їх якості;
- залишковий метанол в паливі (стандарт $\leq 0,2\%$) є потужним розчинником і викликає не лише розбухання резинових деталей, а й розчиняє забруднення в паливній системі, засмічуючи паливні фільтри та інжектори;
- зберігати біодизель понад 3 місяці не рекомендується, оскільки він розкладається;
- температура за якої чистий біодизель починає гуснути значно коливається і залежить від суміші ефірів, а відповідно від сировини. Наприклад, виготовлений з ріпака біодизель починає гуснути при $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$; з тваринних жирів стає гелеподібним при $+16\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Газоподібне паливо – біогаз

- продукт зброджування органічних відходів (біомаси), що представляє суміш метану і вуглекислого газу;
- метанове розкладання біомаси відбувається під впливом трьох видів бактерій. У ланцюжку харчування наступні бактерії харчуються продуктами життєдіяльності попередніх. Перший вид – бактерії гідролізні, другий – кислотоутворюючі, третій – метаноутворюючі;
- склад газу нестабільний і залежить від багатьох факторів. *Склад біогазу*: 55-75 % метану, 25-45 % CO_2 , незначні домішки водню (H_2) і сірководню (H_2S), азоту, ароматичних вуглеводнів, галогено-ароматичних вуглеводнів;
- одним з різновидів біогазу є біоводень, де кінцевим продуктом життєдіяльності бактерій є не метан, а водень;
- реактор для отримання – *метантенк*.

Метантенк – герметичний реактор анаеробного бродіння, де в безкисневих умовах бактерії поетапно розкладають органічні речовини до простих органічних сполук з виділенням CH_4 , CO_2 , NH_4 і тепла.

Принцип роботи метантенка:

- біомаса (відходи або зелена маса) періодично подаються за допомогою насосної станції або завантажувача в реактор;

- будматеріал для промислового резервуара: залізобетон або сталь з покриттям;
- у реакторі живуть корисні бактерії, що харчуються біомасою. Для підтримки життя бактерій потрібна подача корму, підігрів до 35-38 °С і періодичне перемішування;
- продуктом життєдіяльності бактерій є біогаз, який накопичується у сховищі (газгольдері), потім проходить систему очищення і подається до споживачів (котел та електрогенератор);
- реактор працює без доступу повітря, герметичний і безпечний.

Сировина для отримання біогазу

- відходи: гній, пташиний послід, відходи рибного і забійного цеху, відходи молокозаводів (молочна сироватка), відходи виробництва біодизеля (технічний гліцерин), відходи від виробництва соків (жом), відходи переробки картоплі, (очищення, шкурки, гнилі бульби), кавова пульпа;
- трава, водорості (вихід газу може досягати до 300 м³ з 1 т);
- *звалищний газ* – один з різновидів біогазу. Утворюється в результаті розкладання органічної частини твердих побутових відходів в анаеробних умовах, що виникають невдовзі після їхнього санітарного поховання. Зі звалищ може бути добутий за допомогою свердловини і вакуум-насосів.

Застосування біогазу:

- використовують як паливо для виробництва: електроенергії, тепла або пари, або в якості автомобільного палива;
- біогазові установки можуть встановлюватися як очисні споруди на фермах, птахофабриках, спиртових заводах, цукрових заводах, м'ясокомбінатах;
- провідне місце у виробництві та використанні біогазу за відносними показниками належить Данії (18 % в загальному енергобалансі). За абсолютними показниками за кількістю середніх і великих установок провідне місце займає Німеччина – 8000 установок. У Західній Європі не менше половини всіх птахоферм опалюються біогазом;
- Volvo і Scania виробляють автобуси з двигунами, що працюють на біогазі.

7.3 Концептуальні джерела альтернативної енергії: грозова енергетика, керований термоядерний синтез

Грозова енергетика – це спосіб отримання енергії шляхом упіймання і перенаправлення енергії блискавок в електромережу. Даний вид енергетики використовує відновне джерело енергії і відноситься до альтернативних джерел енергії.

Блискавка є чистою енергією, і її застосування буде не тільки усувати численні екологічні небезпеки, але також буде значно зменшувати дорожнечу виробництва енергії.

Компанія Alternative Energy Holdings 11 жовтня 2006 року оголосила про успішний розвиток прототипу моделі, яка може продемонструвати можливість «захоплення» блискавки для подальшого її перетворення в електроенергію. Компанія повідомила, що окупатися така установка буде за 4-7 років, грозові ферми зможуть виробляти і продавати електроенергію за ціною всього \$ 0,005 за кіловат-годину

В 2006 році групою архітекторів та інженерів з Сербії був представлений неординарний проект хмарочоса «Гідра» (рис. 7.5), який буде використовувати енергію блискавок для електролізу звичайної води на складові – водень і кисень. Таким чином, споруда буде служити також постачальником кисню в атмосферу.

Проект будови нагадує своєрідне гігантське дерево, але тільки без листя, порожннесте всередині, що складається з переплечених гілок, які закручуються догори в єдиний шпиль значних розмірів. Конструкція повинна мати значну міцність і електропровідність, тому для будівництва запропонували скористатися недавно відкритим матеріалом на основі вуглецю – графеном (собівартість десятки доларів за кожен кубічний сантиметр).



Рисунок 7.5 – Проект хмарочосу «Гідра»

Проблеми в грозовий енергетиці:

- блискавки є дуже ненадійним джерелом енергії, оскільки заздалегідь не можна передбачити, де і коли трапиться гроза;

- розряд блискавки триває доли секунд і, як наслідок, його енергію потрібно запасати дуже швидко. Для цього будуть потрібні потужні й дорогі конденсатори. Також можуть застосовуватися різні коливальні системи з контурами другого і третього роду, де можна узгоджувати навантаження з внутрішнім опором генератора.

Блискавка є складним електричним процесом і ділиться на кілька різновидів: негативні - накопичуються в нижній частині хмари і позитивні – збираються у верхній частині хмари. Це теж треба враховувати при створенні грозової ферми

Керований термоядерний синтез – це поки-що дослідницька енергетика, метою якої є отримання електрики шляхом керованої реакції термоядерного синтезу.

Принцип реакції: два або більше атомних ядра із застосуванням деякої сили зближуються настільки, що сили притягіння переважають сили електромагнітного відштовхування між однаково зарядженими ядрами, внаслідок чого формується нове ядро з меншою масою, ніж сума мас вихідних ядер, а різниця стає енергією ($E = m \cdot c^2$). Легші атомні ядра простіше звести на потрібну відстань, тому найкращим паливом є водень (дейтерій і тритій)

Токамак (Тороїдальна Камера з Магнітними Котушками) – це тороїдальна установка для магнітного утримання плазми (рис. 7.6). Плазма утримується не стінками камери, які не здатні витримати її температуру, а спеціально створюваним магнітним полем.

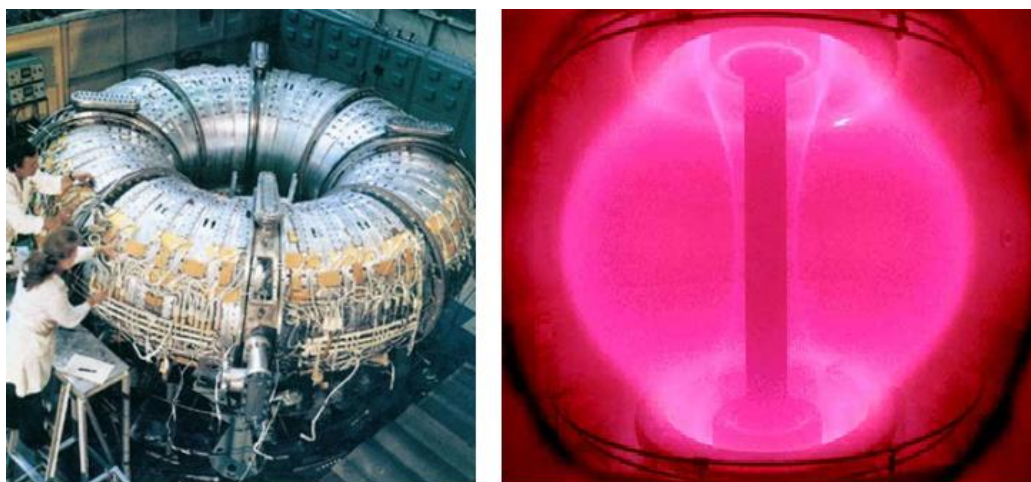
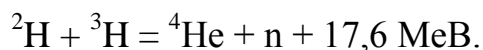


Рисунок 7.6 – Проект хмарочосу «Гідра»

Перспективна реакція – дейтерій + тритій:



Недоліки – висока ціна тритію, вихід небажаної нейтронної радіації.

Переваги термоядерного синтезу:

- практично невичерпні запаси пального (водень);
- пальне можна видобувати із морської води будь-де на узбережжі у світі, що робить неможливим монополізацію пального однією чи групою країн;
- відсутність продуктів згоряння;
- немає необхідності використовувати матеріали, що можуть бути використанні для виробництва ядерної зброї, таким чином виключаються випадки саботажу та тероризму;
- у порівнянні з ядерними реакторами, незначна кількість радіоактивного сміття із коротшим періодом напіврозпаду.

Всього в світі було побудовано ~ 300 токамаков. У 2006 р. країни Євросоюзу, Росія, США, Японія та Південна Корея узгодили будівництво експериментального міжнародного термоядерного реактора (ITER) на півдні Франції із повним закінченням робіт до 2037-2040 років.

В 2014 р. американська компанія Lockheed Martin Corporation, що спеціалізується на розробках в області авіакосмічної техніки, повідомила про те, що її дослідники зробили технологічний прорив в розробці практичного термоядерного реактора.

В 2015 році німецькі науковці Інституту фізики плазми Товариства ім. Макса Планка в місті Грайфсвальд запустили термоядерний реактор Wendelstein 7-X з стабільною гелієвою плазмою, а в лютому 2016 року – з водневою плазмою при температурі 80 000 000 К впродовж 0,25 секунди. Метою проекту є утримання стабільної водневої плазми в установці впродовж 30 хв.

Завдання на самопідготовку

Закріпити отримані на лекції знання та підготувати доповіді на тему:

1. Воднева енергетика. Космічна енергетика.
2. Відходи як джерело енергії.
3. Міні- і мікроГЕС. АероГЕС.
4. Розподілене виробництво енергії.
5. Альтернативна енергетика в Україні.

Питання для самоконтролю

1. Що таке геотермальна енергетика? Які райони Землі є перспективними для її розвитку?
2. Охарактеризуйте два напрямки розвитку геотермальної енергетики.
3. Що таке геотермальна електростанція? Які способи використання води та виробництва енергії застосовуються на ГеоТЕС?
4. Дайте характеристику геотермальним тепловим насосам.
5. Охарактеризуйте біоенергетику як галузь електроенергетики.
6. Що таке біопаливо? Які три покоління рослинних біопалив Ви знаєте? Наведіть переваги і недоліки їх застосування.
7. Що таке метантенк? Охарактеризуйте принцип його роботи.
8. Що таке біогаз? Наведіть його склад, сировину для отримання та галузі застосування.
9. Опишіть концептуальні проекти та проблеми розвитку грозової енергетики.
10. Що таке керований термоядерний синтез? Наведіть проблеми його реалізації, переваги та перспективи розвитку.

РОЗДІЛ 2. ВАЖКА ПРОМИСЛОВІСТЬ. ВПЛИВ НА ДОВКІЛЛЯ

ЛЕКЦІЯ 8. МЕТАЛУРГІЙНА ПРОМИСЛОВІСТЬ, ЇЇ ВПЛИВ НА ДОВКІЛЛЯ

План

8.1.Металургійна промисловість як галузь важкої промисловості.

8.2. Добування і збагачення руд.

8.3. Виробництво чавуну і сталі.

8.4. Вплив на довкілля.

Завдання на самопідготовку

Важка промисловість – сукупність галузей промисловості, які виготовляють здебільшого засоби виробництва: знаряддя праці (машини, агрегати, механізми, верстати та інші види обладнання й устаткування), предмети праці (сировина, матеріали, паливо тощо).

Галузі:

- металургійна промисловість;
- хімічна промисловість;
- будівельна промисловість;
- машинобудування;
- паливно-енергетична промисловість;
- лісова промисловість.

8.1 Металургійна промисловість як галузь важкої промисловості

Металургійна промисловість пов'язана з одержанням металів з руд та з наданням їм необхідних властивостей.

До *чорних металів* відносять метали й сплави на основі заліза (Fe), марганцю (Mn), хрому (Cr). Всі інші – *кольорові*.

За фізичними властивостями та призначенням кольорові метали умовно ділять на:

- *важкі* (мідь (Cu), свинець (Pb), цинк (Zn), олово (Sn), нікель (Ni)),
- *легкі* (алюміній (Al), титан (Ti), магній (Ti)),
- *дорогоцінні* (золото (Au), срібло (Ag), платина (Pt)),
- *лужні* (калій (K), натрій (Na), літій (Li)),
- *лужно-земельні* (кальцій (Ca), барій (Ba), стронцій (Sr)).

Металургія як галузь важкої промисловості поділяється на чорну і кольорову.

Чорна металургія – галузь важкої промисловості, підприємства якої виробляють чавун, сталь, прокат, сталеві й чавунні труби, феросплави. До чорної металургії належать також підгалузі з видобування залізної і марганцевої руд та з виробництва їх концентратів, агломерату, вогнетривкої сировини і вогнетривів, коксу та іншої продукції, що її використовують як сировину для виробництва чорних металів

Кольорова металургія – галузь важкої промисловості, що займається видобуванням і збагаченням руди, виробництвом і обробкою кольорових металів, рідкісних і дорогоцінних металів та їхніх сплавів, видобуванням природних алмазів та іншої мінеральної сировини. Виробничий комплекс галузі складається з гірничодобувних підприємств, збагачувальних фабрик, металургійних й металообробних заводів.

Сучасна **металургія** як сукупність основних технологічних операцій виробництва металів і сплавів та їх первинної переробки включає в себе:

- добування руд (кар'єрне, шахтне);
- підготовку руд до отримання металів (в тому числі збагачення);
- процеси отримання і рафінування металів: пірометалургійні, гідрометалургійні, електролітичні;
- процеси отримання виробів з металевих порошків шляхом спікання;
- кристалофізичні методи рафінування металів і сплавів;
- процеси розливання металів і сплавів (з отриманням злитків або виливків);
- обробку металів тиском;
- термічну, термомеханічну, хіміко-термічну та ін. види обробки металів для додання їм відповідних властивостей;
- процеси нанесення захисних покриттів

8.2 Добування і збагачення руд

Кар'єрне (відкрите) добування руд. Переваги: більш повне вилучення корисної копалини; низька собівартість добування; кращі санітарно-гігієнічні умови праці; низький ризик аварій, обвалів. Недоліки: необхідність виїмки, переміщення і складування у відвали великих обсягів пустих порід; вплив погоди і клімату.

Шахтне (підземне) добування руд. Переваги: застосовуються, коли: велика товща порід, що покривають родовища, складний рельєф земної поверхні, суворі кліматичні умови; зменшені викиди газів і пилу у повітря; збереження поверхні. Недоліки: підвищена небезпека робіт; менш потужна техніка; більш низькі показники вилучення.

Вплив на довкілля процесів добування копалин:

- вилучення природних ресурсів (земельних, водних);
- зміна рельєфу території, гідрогеологічних умов майданчика будівництва та прилеглої території;
- забруднення території землевідведення відходами і стічними водами, що утворюються;
- забруднення повітряного басейну викидами газоподібних і зважених речовин;
- шумовий вплив;
- зміна соціальних умов життя населення

Збагачення руди – первинна обробка мінеральної сировини з метою відділення всіх цінних мінералів від порожньої породи, а також взаємне розділення цінних мінералів.

Кінцеві продукти: концентрат, хвости (відходи) і проміжні продукти; (вміст кольорових металів в рудах ~ 0,3-2 %, а в їх концентратах ~20-70%).

Для збагачення руди: використовується дороге і швидкозношуване обладнання; всі існуючі методи засновані на розходженні у фізичних або фізико-хімічних властивостях окремих компонентів корисної копалини. Існує гравітаційне, магнітне, електростатичне, флотаційне, бактеріальне тощо.

Хвостосховище – це гідротехнічна споруда, комплекс спеціальних споруд та обладнання, які призначені для складування або захоронення радіоактивних, токсичних та інших відвальних відходів збагачення корисних копалин.

Хвости надходять у вигляді пульпи (пісок, вода). Здебільшого хвостосховище відгороджується дамбою, яка наливається із хвостів і додатково зміцнюється

У хвостосховищі відбувається процес поступового осідання твердої фази хвостів, іноді за допомогою спеціально додавання реагентів – *коагулянтів* та *флокулянтів*. Відстояна вода піддається очищенню та скидається у локальні водойми або повертається на збагачувальну фабрику для технологічних потреб.

Екологічні проблеми хвостосховищ:

- всі реагенти, що застосовуються на комбінаті становлять небезпеку для підземних водоносних горизонтів;
- старі пересохлі хвостосховища нерідко стають джерелом екологічної небезпеки. Видування пилу з поверхні призводить до пригнічення рослинності з підвітряного боку і утворенню техногенних пустель;
- джерела забруднення довкілля радіоактивними і важкими металами, що можуть включатись в природний кругообіг речовин. Період напіввидалення для цинку – від 70 до 510 років, для кадмію – від 13 до 110, для міді – від 310 до 1500 і для свинцю – від 740 до 5900 років.

8.3 Виробництво чавуну і сталі

На першій стадії отримання залізовмісних сплавів відбувається вивільнення заліза з руди в доменній печі при температурі $> 1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ і виплавка чавуну.

Чавун – високовуглецевий (С, 2,14-6,67 %) нековкий сплав заліза з вуглецем, містить домішки марганцю (Mn, до 3 %), кремнію (Si, до 4,5 %), сірки (S, $\leq 0,12\text{ }%$), фосфору (P, до 2,5 %).

Задаючи процес відновлення заліза в доменній печі можна отримати два види чавуну:

- переробний чавун, який йде в подальший переділ для виплавки сталі,

- ливарний чавун, з якого отримують чавунні виливки

Сталь – це сплав заліза з вуглецем і легуючими елементами.

Виплавка сталі відбувається в сталеплавильних печах, де метал знаходиться в рідкому стані.

Методи отримання сталі:

- киснево-конверторний (залитий в конвертер чавун продувають низьку повітрям, яке окислює домішки чавуну);

- мартенівський (плавка здійснюється на поду полум'яної відбивної печі, яка обладнана регенераторами для підігріву повітря чи газу. Після розплавлення у ванну вводять добавки для отримання металу заданого складу і температури);

- електроплавильний (в індукційних і дугових печах під дією перемінного току. Можливість виплавляти леговані і високо-леговані сталі за рахунок більш точного і плавного регулювання температури, а також з низьким вмістом оксидних неметалічних включень, в тому числі сірки).

8.4 Вплив на довкілля

Виробництво коксу

Викиди. Гази містять SO₂, CO, H₂S, ціаніди, аміак, фенол, вуглеводні (в тому числі бенз(а)пірен), пил (до 0,4 кг/т коксу). При гасінні коксу разом з парами води викидаються аміак, сірководень, оксиди сірки, феноли та ін.

Стічні води. Містять феноли до 3 г/л, смоли, масла, ціаніди, аміак та його солі, сульфідні, сульфідні, бензол, толуол, ксилол, нітрати та ін. Стічні води спочатку піддають освітленню (відстоюванню), потім фізико-хімічним і біохімічним методам очищення.

Очищення. Устаткування вуглепідготовки і коксортування оснащується аспіраційними системами. Гази піддаються двоступеневому очищенню (спочатку сухому, потім мокрому). Коксовий газ очищується від смоли, масляних туманів і пилу в електрофільтрах. Витяг з газу ароматичних вуглеводнів, аміаку, H₂S, сірчистих сполук та ін. здійснюється промиванням у скрубберах поглинаючими розчинами.

Утилізація відходів. З 1 т кам'яновугільної шихти отримують 760-800 кг коксу, 320-330 м³ коксового газу, а також такі продукти, як бензол, аміак, смола, пек, нафталін.

- коксовий газ використовують як паливо.

- з інших продуктів отримують препарати: аспірин, нашатирний спирт, барвники, карболку, кам'яновугільний лак, шпалопросочувальне масло, матеріали для парфумерної промисловості та ін.

Виробництво агломерату

Викиди. Одне з головних джерел забруднення повітря на підприємствах чорної металургії. Просос повітря для спікання 2500-3000 м³ на 1 т агломера-

ту. У процесі спікання повітря насичується сполуками сірки, вуглецю та ін. Утворений газ захоплює до 7 кг пилу на 1 т агломерату, що складається в основному з оксидів заліза.

Стічні води. Витрата води (на зволоження руди, очистку газів та ін.) на 1 т агломерату 3,5-7,0 м³. Містять хлориди, сульфід, кальцій, залізо. Вміст завислих часток 12-20 г/л.

Очищення. Для газів – циклони, скрубери, електрофільтри. Очищення стічних вод включає процеси відстоювання, для прискорення яких використовують різні флокулянти.

Утилізація відходів. Використання тепла димових газів для попереднього підігріву шихти і повітря. Залізовмісні шлами, витягнуті зі стічних вод, утилізуються.

Доменне виробництво

Викиди. Під час роботи на дуття без збагачення киснем на 1 т чавуну утворюється ~ 2000 м³ доменного (колошникового) газу (склад: 25-32 % CO, 10-18 % CO₂, 1-2 % H₂, решта – азот). При збагаченні дуття киснем вміст CO і H₂ зростає.

Стічні води. Витрата води до 30 м³/т чавуну (60-65 % на охолодження печі, на 20-30 % – на очищення доменного газу). При очищенні газу утворюється 4-6 м³ стічних вод на 1000 м³ газу. Ці води містять пил (частки руди, агломерату, коксу, вапняку), а також сульфати, хлориди тощо.

Очищення. Доменний газ піддають очистці. На сучасних доменних печах забезпечується практично повна герметизація, що виключає викиди в атмосферу.

Утилізація відходів. У доменних печах на 1 т чавуну утворюється (залежно від складу шихти) від 0,3 до 0,6 т шлаку складу (у середн.), %: Al₂O₃ – 6-22, SiO₂ – 38-42, CaO – 38-48, MgO – 2-12. Основну частину рідкого шлаку піддають *грануляції* (швидке охолодження водою або повітрям) з отриманням гранул, що використовуються для виробництва цементу і вапняно-в'язучих речовин. Частина шлаку використовують для отримання баласту в дорожньому будівництві, отримання шлакової пемзи або термозіту, шлакової вати. Колошниковий (доменний) газ використовують як паливо.

Сталеплавильне виробництво

Викиди. Кількість і склад газів, що утворюються, визначаються факторами: 1) наявністю або відсутністю палива; 2) використанням кисню замість повітря; 3) підсосом повітря через нещільності і щілини; 4) специфікою процесу (наприклад, у випадку продувки металу аргоном в газах буде аргон); 5) ступенем допалу CO до CO₂. Середній склад газу: CO, CO₂, H₂O і N₂. Пил складається в основному з оксидів заліза.

Стічні води. Утворюються в процесі очищення газів мартенівських печей, конвертерів, дугових печей, при охолодженні і чищенні обладнання, на установках безперервного розливання. Розміри частинок пилу в стічних водах від 0,01 до 0,1 мм при концентрації (залежно від умов роботи) від 3 до 20 г/л.

В електросталеплавильних цехах значна маса частинок пилу в воді має розміри 10 мкм; суспензія такого пилу важко осідає

Шлаки. Залежно від технології утворюються в кількості 10-20 % від маси металу. Склад також змінюється в широких межах.

Очищення. Всі сталеплавильні цехи оснащені системами газоочистки, а також комплексом обладнання для очищення стічних вод.

Утилізація відходів. Шлаки переробляються: а) на виготовлення щебеню (~50 % від усієї маси шлаків); б) в якості флюсів; в) для добрива або вапнування ґрунтів. Залізовмісні шлами (і пил) після пилоочисних установок використовуються в якості добавки в агломераційну шихту. Теплота газів, що утворюються, використовується для нагріву повітря (в мартенівських печах) і для отримання пари.

Завдання на самопідготовку

Закріпити отримані на лекції знання та підготувати доповіді на тему:

7. Ресурсо- та енергозберігаючі технології в металургії.
8. Скрубер Вентурі
9. Очищення мартенівських газів від NOx.
10. Токсичність важких металів.

Питання для самоконтролю

1. Охарактеризуйте металургійну промисловість як галузь важкої промисловості.
2. Яким чином здійснюють добування руд?
3. Охарактеризуйте переваги, недоліки та вплив на довкілля різних методів добування руд.
4. Що таке збагачення руди? Що є кінцевими продуктами збагачення?
5. Що таке хвостосховище? Наведіть екологічні проблеми хвостосховищ.
6. Дайте визначення поняттям чавун, сталь. Які методи отримання сталі Вам відомі?
7. Охарактеризуйте вплив на довкілля виробництва коксу та агломерату.
8. Охарактеризуйте вплив на довкілля доменного та сталеплавильного виробництва.

ЛЕКЦІЯ 9. ХІМІЧНА ПРОМИСЛОВІСТЬ, ЇЇ ВПЛИВ НА ДОВКІЛЛЯ

План

9.1. Галузі хімічної промисловості.

9.2. Вплив на довкілля.

9.3. Найбільші хімічні аварії у світі.

Завдання на самопідготовку

Хімічна промисловість – галузь важкої промисловості, на підприємствах якої, застосовуючи хімічні методи переробки сировини і матеріалів, одержують різну хімічну продукцію.

До хімічної промисловості належить виробництво:

- органічних і неорганічних хімікатів, гербіцидів, мінеральних добрив,
- пластмас і хім. композитів, штучного і синтетичного волокна й текстилю, штучної гуми,
- хімікатів для продуктів харчової промисловості: консервантів, барвників тощо,
- засобів для миття та дезинфектантів,
- отрутохімікатів воєнного призначення,
- лікарських препаратів, тощо.

9.1 Галузі хімічної промисловості

Гірнична хімічна промисловість – займається видобутком природної хімічної сировини: калійні солі (Калуш, Стебник), кухонна сіль (Слов'янськ, Артемівськ, Солотвине, Сиваш), сірка (Яворів, Новий Розділ), фосфорити (Середнє Придністров'я), озокерит (Борислав) тощо.

Можна виділити три райони гірничої хімії: Донбас, Прикарпаття, Присивашся.

Галузь основної хімії – виробляє кислоти, мінеральні добрива, соду та інше:

- калійні добрива – виробництво тяжіє до сировини – видобутку калійних добрив (Калуш, Стебник);
- азотні добрива – виробництво тяжіє до коксохімічних і металургійних підприємств, газопроводів. Центри: Северодонецьк, Горлівка, Дніпродзержинськ, Черкаси, Рівне;
- фосфатні добрива – виробництво тяжіє до споживача. Центри: Вінниця, Суми, Одеса;
- сода – виробництво тяжіє до сировини (до кухонної солі) (Донбас, Крим);
- сірчана кислота – сировиною є сірка Прикарпаття та сірчисті гази металургійних підприємств. Центри: Суми, Вінниця, Северодонецьк, Одеса, Горлівка.

Хімія органічного синтезу – розвивається на основі переробки нафти, газу, вугілля, включає виробництво:

- пластмаси (Донецьк, Запоріжжя, Северодонецьк, Луцьк),
- хімічні волокна (Київ, Черкаси, Житомир, Чернігів),
- лаки і фарби (Київ, Львів, Одеса, Харків, Чернівці, Дніпропетровськ).

Орієнтується на сировину, електроенергію, воду.

Фармацевтична (ліки) і **мікробіологічна** (вітаміни, добавки) *галузь* орієнтуються на споживача, розміщена у таких містах: Київ, Харків, Горлівка, Одеса, Львів.

Деякі крупні підприємства хімічної промисловості України:

«Сумхімпром» – м. Суми

Продукція: універсальні комплексні, гранульовані азотно-фосфорно-калійні добрива; суперфосфат амонізований; двоокис титану; жовтий і червоний залізоокисні пігменти; сірчана кислота; коагулянти для очищення води; лакофарбова продукція тощо. Частка експорту: 100 %. Кількість працівників: 4 436 осіб.

ПрАТ «Северодонецьке об'єднання Азот»

Продукція: найбільший в Україні виробник азотних мінеральних добрив; азотна кислота, карбамід, формалін; органічні спирти (метанол та ін.) і кислот (оцтова та ін.); товарів побутової хімії; виробів з полімерів, тощо. Частка експорту: 70 %. Кількість працівників: ~ 9 тисяч осіб.

ПАТ «Концерн «Стирол» – м. Горлівка, Донецька обл.

Продукція: аміак, аміачна селітра, полістирол, лізол, карбамід, органічні смоли тощо. Частка експорту: 70 %. Кількість працівників: ~ 4 тисяч осіб.

6 серпня 2013 р. стався викид газу аміаку (600 кг). Унаслідок аварії загинуло 6 осіб та постраждало 26 осіб. Наймасштабніша хімічна аварія за роки незалежності України.

Кременчуцький нафтопереробний завод

Продукція: найбільше підприємство з виробництва нафтопродуктів в Україні. Завод переробляє 7 000 тонн нафти за добу. Кількість працівників: > 4300 осіб.

ВАТ «Одеський припортовий завод»

Продукція: аміак, карбамід. Приймає та перевантажує призначені для експорту добрива.

9.2 Вплив на довкілля

На території України знаходиться 877 хімічно небезпечних об'єктів та приблизно 287 тисяч об'єктів, що використовують у своєму виробництві сильнодіючі отруйні речовини або їх похідні (у 140 містах та 46 населених пунктах).

Навантаження специфічними речовинами на атмосферне повітря, водойми, ґрунт залежить від виду хімічного виробництва та його потужності. Найбільш масштабним і значним є хімічне забруднення навколишнього природного середовища невластивими йому речовинами хімічної природи – *ксенобіотиками*.

Найбільш поширеними шкідливими газовими забруднювачами є: оксиди сірки; сірководень (H_2S); сірковуглець (CS_2); оксиди азоту; бенз(а)пірен; аміак; сполуки хлору; сполуки фтору; вуглеводні (бензол, фенол, тощо); синтетичні поверхнево-активні речовини; канцерогени; важкі метали; оксиди вуглецю – CO , CO_2 .

У багатьох галузях хімічної промисловості також спостерігається висока потреба в паливі та енергії. Наприклад, для виробництва синтетичного каучуку на базі ацетилену необхідно 15 тис. кВт·год енергії.

Підприємства хімічної промисловості є джерелами менш великотоннажних, але значно більш різноманітних і токсичних стоків і викидів в біосферу. До них в першу чергу слід віднести органічні розчинники, аміни, альдегіди, хлор і його похідні, оксиди азоту, ціановодорол, фториди, сірчисті сполуки (діоксид сірки, сірководень, сірковуглець), металорганічні сполуки, сполуки фосфору, ртуть.

Вміст шкідливих речовин в повітряному басейні підвищується через розміщення технологічного обладнання на відкритих майданчиках, порушення його герметичності, великої кількості зовнішніх технологічних комунікацій.

При сірчанокислому виробництві відбувається викид великих обсягів SO_2 та інші сполуки сірки.

Заводи азотних добрив викидають на добу 2-5 т оксидів азоту, азотної і азотистої кислот; їх концентрація в повітрі на відстані 0,5 км від підприємств досягає $1,3 \text{ мг/м}^3$.

Підприємства з виробництва анілінових барвників, віскози, фотоплівки і целулоїд забруднюють повітря оксидами азоту.

Постачальниками хлору в атмосфері є *підприємства з виробництва пестицидів, органічні барвники, соди, соляної і оцтової кислоти*, а фтор та його сполуки надходять в атмосферу у викидах заводів з *виробництва фосфорних добрив, емалі* і т. п.

Заводи синтетичного каучуку викидають у повітряний басейн стирол, толуол, ацетон, ізопрен, а *содові заводи* – аміак, оксид фосфору (V), діоксид сірки.

Температура багатьох відходящих газів заводів хімічної промисловості практично не відрізняється від температури навколишнього середовища, в результаті чого відбувається накопичення токсичних речовин поблизу джерел викидів.

Коксохімічне виробництво забруднює атмосферу пилом і складною сумішшю летких сполук. При завантаженні-вивантаженні коксових батарей і навіть незначних порушеннях режиму їх роботи в атмосферу викидається неочищений коксовий газ, що містить CO , CO_2 , фенол, нафталін, бензол і його

похідні. Поблизу підприємств чорної металургії вміст різних канцерогенів в повітрі в 7 разів вище, ніж в районах, що не піддаються впливу їх викидів.

Різноманітними токсикантами насичені стічні води хімічних підприємств. Поряд зі сполуками, що викидаються підприємствами в атмосферу, стоки містять й інші дуже небезпечні органічні речовини, мінеральні кислоти різних концентрацій аж до концентрованих, розчинні солі, луги тощо.

Величезної шкоди завдають річкам і водоймам стоки *целюлозно-паперової промисловості*: в стічних водах одного целюлозно-паперового комбінату середньої потужності міститься така ж кількість органічних речовин, як у стічних водах міста з населенням в 2,5 млн чоловік.

Так само небезпечна стічна вода *заводів штучного волокна, коксохімічних і газосланцевих підприємств*, яка містить смолисті речовини, феноли, меркаптани, органічні кислоти, альдегіди, спирти, фарбники. Їх токсична дія поширюється на великі відстані, особливо в річках з сильною течією, оскільки органічні домішки стічних вод минералізуються повільно. Накопичення рідких відходів в спеціальних водоймах – хвостохранілнщах також загрожує великою небезпекою для навколишнього середовища: відомі випадки прориву подібних накопичувачів і отруєння на великій відстані вод Дністра, Сіверського Дінця та деяких інших.

У хімічній промисловості більше, ніж в інших галузях, використовується води. Наприклад, для виробництва 1 т хімічних волокон потрібно у 25 разів більше води, ніж для виплавляння 1 т чавуну, і вдесятеро більше, ніж для виплавки 1 т міді, свинцю або цинку. В цілому норми витрати води у хімічній промисловості коливаються від 50 м³ у виробництві хлору й соди – до 6000 м³ у виробництві синтетичних волокон.

У той же час в результаті певних змін в технології можна використовувати не менше 90 %, а у виробництві віскози – до 95 % води в оборотному водопостачанні і багаторазово зменшити обсяг їх стічних вод. Безстічні системи виробництва вже використовують на заводах синтетичного каучуку і на фосфорних заводах, де очистка стоків малоєфективна і не може забезпечити захист вод від забруднення.

Організація безстічних виробничих схем нерозривно пов'язана з вилученням і утилізацією більшості розчинених в них компонентах, які можуть бути використані в господарстві. На підприємствах хлорної промисловості із стічних вод витягають тисячі тонн дихлор- і трихлоретана, одночасно запобігаючи забрудненню річок і водойм токсичними сполуками. На Запорізькому коксохімічному заводі зі стічних вод отримують тиоцианат натрію та інші натрієві солі. Рязанський комбінат штучного волокна, регенеруючи стічні води, отримує сірчану кислоту, економлячи при цьому до 20 тис. метрів кубічних свіжої води на добу, а Саратовський гідролізний завод, утилізуючи барду, виробляє 15 тис. т кормових дріжджів на рік.

На жаль, поки утилізується лише мала частина відходів великих промислових комбінатів. На відвальних майданчиках лежать мільйони тонн фосфогіпсу, сульфату заліза, піритових огарків; така ж картина спостерігається на

багатьох хімічних виробництвах країни. Запилювання цих відвалів, розмивання їх дощами призводить до забруднення атмосфери, поверхневих і підземних вод і ґрунтового покриву прилеглих територій.

9.3 Найбільші хімічні аварії у світі

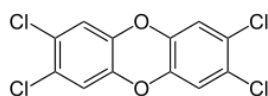
У 1976 р на хімічному заводі італійського м. *Севезо* (рис. 9.1) сталася аварія, в результаті якої територія площею > 18 км виявилася зараженою **діоксином**. Постраждали більш ніж 1000 чоловік, відзначалася масова загибель тварин. Ліквідація наслідків аварії тривала більше року.



Рисунок 9.1 Аварія 1976 року у місті Севезо, Італія

Діоксини:

- тривіальна назва поліхлорпохідних дибензо[b,e]-1,4-діоксину;

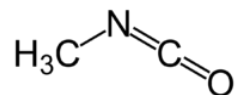


- є кумулятивними отрутами і відносяться до групи небезпечних ксенобіотиків;
- це глобальні екотоксиканти, що мають потужну мутагенну, імунодепресантну, канцерогенну, тератогенну і ембріотоксичну дію;
- слабо розщеплюються і накопичуються як в організмі людини, так і в біосфері планети, включаючи повітря, воду, їжу;
- в організм людини проникають: 90 % – з водою і їжею через шлунково-кишковий тракт, решта 10 % – з повітрям і пилом через легені і шкіру. Ці речовини циркулюють у крові, відкладаючись в жировій тканині і ліпідах усіх без винятку клітин організму.

Найбільшою аварією на хімічному виробництві за всю історію розвитку світової промисловості є катастрофа в м. *Бхопалі* (Індія, 1984 р.), через яку загинуло 3150 осіб, а понад 200 тисяч отримали ураження різного ступеня тяжкості, в результаті викиду 42 т метилізоціанату.

Метилізоціанат:

- органічна сполука, що відповідає формулі CH_3NCO ;

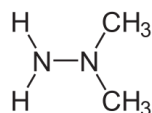


- рідина з сильним різким запахом;
- застосовується у виробництві пестицидів (карбаріл, пропоксілур, карбофуран, альдікарб);
- *лакриматор* (лат. *lacrima* – слеза) або сльозоточива речовина. Є підгрупою *іритантів* – подразнюючих речовин;
- отруйний при вдиханні парів і дії через шкіру;
- ГДК: 0,05 мг/м³.

У 1988 р при залізничній катастрофі в *м. Ярославлі* стався розлив гептилу, що відноситься до *АХНР* (аварійно хімічно небезпечних речовин) першого класу токсичності. У зоні можливого ураження опинилися приблизно 3 тисяч осіб. У ліквідації наслідків аварії брали участь близько 2 тисяч осіб і велика кількість техніки.

Гептил:

- несиметричний диметилгідразин (НДМГ) – компонент висококиплячого (що має температуру кипіння вище 0 °С) ракетного палива;



- безбарвна або злегка жовтувата прозора рідина з різким неприємним запахом, характерним для амінів (запах зіпсованої риби, схожий з запахом аміаку);
- має сильну токсичну дію, викликає: подразнення слизових оболонок очей, дихальних шляхів і легенів; сильне збудження центральної нервової системи; розлад шлунково-кишкового тракту (нудота, блювота), у великих концентраціях може наступити втрата свідомості і смерть;
- легкозаймається, розливи нейтралізуються за допомогою розчинів гіпохлориту кальція і хлорного вапна.

У 1989 р. відбулася хімічна аварія в *м. Іонава (Литва)*. Близько 7 тис. т рідкого аміаку розлилося по території заводу, утворивши озеро отруйної рідини з поверхнею ~ 10 тис. кв. м. Від виниклої пожежі сталося загоряння складу з нітрофоскою, її термічний розклад з виділенням отруйних газів. Поширення зараженого повітря досягло 30 км і тільки сприятливі метеорологічні умови не призвели до ураження людей, тому що хмара пройшла по незаселеним районам. У ліквідації наслідків цієї аварії брали участь 982 особи, залучалася 241 одиниця техніки.

Аміак – NH₃:

- безбарвний газ з різким запахом (нашатирного спирту);
- ГДКр.з. = 20 мг/м³. ГДКс.д. = 0,04 мг/м³. ГДКм.р. = 0,2 мг/м³. Таким чином, відчуття запаху аміаку свідчить про перевищення допустимих норм;

- подразнення зіва проявляється при вмісті аміаку в повітрі 280 мг/м³, очей – 490 мг/м³. При дії в дуже високих концентраціях аміак викликає ураження шкіри;
- токсичний набряк легенів розвивається при впливі аміаку протягом години з концентрацією 1,5 г/м³;
- використовується для приготування азотної кислоти, азотних добрив, барвників, для одержання вибухових речовин. За допомогою аміаку одержують харчову соду. У медицині 10 % водний розчин аміаку відомий як нашатирний спирт. Використовують в холодильних установках;
- перша медична допомога: промити очі і обличчя водою, надіти протигаз або ватно-марлеву пов'язку, змочену 5 % розчином лимонної кислоти, відкриті ділянки шкіри рясно промити водою, негайно залишити осередок зараження.

У Китаї у вересні 1978 р. в результаті аварії на хімічному заводі в *місті Сучжоу* в річку потрапили 28 тонн ціаністого натрію. Цієї кількості достатньо, щоб загинули 48 мільйонів чоловік, проте місцева газета повідомила, що число жертв склало лише 3 тисячі.

Ціанід натрію – NaCN:

- застосовується для добування дорогоцінних металів (золота, срібла) з руд селективним вилуговуванням; як ціаніруючий агент у виробництві нітрилів, ізонітрилів барвників (індиго); для підвищення поверхневої твердості, зносостійкості і втоми міцності сталевих виробів – так зване *ціанування* (насичення поверхневих шарів сталевих виробів одночасно вуглецем і азотом при нагріванні в розплаві, що містить ціанід). Крім того, використовується при паянні і рідкої цементації металів, при бронзуванні і оцинкуванні, при срібленні дзеркал, у фотографії, літографії, у виробництві фармацевтичних препаратів, для боротьби зі шкідниками сільського господарства, у флотаційних процесах (зокрема, для відділення галеніту від цинкової обманки (сфалериту) і піриту від халькопіриту);
- дуже токсичний. Механізм дії при отруєнні аналогічний ціаниду калію, сила впливу також можна порівняти. При попаданні в організм він пригнічує ферменти тканинного дихання, і тканини втрачають здатність засвоювати кисень з крові.

У серпні 1991 року в *Мексиці* під час залізничної катастрофи з рейок зійшли 32 цистерни з рідким хлором. В атмосферу було викинуто близько 300 тонн хлору. Отримали ураження різного ступеня тяжкості ~ 500 осіб, з них 17 осіб загинули на місці. З найближчих населених пунктів було евакуйовано понад тисячу жителів.

Хлор:

- токсичний задушливий газ, при попаданні в легені викликає опік легеневої тканини, задуху. Подразнюючу дію на дихальні шляхи надає при концентрації в повітрі близько 6 мг/м³ (тобто в два рази вище порогу сприйняття запаху хлору).

- ГДК хлору в атмосферному повітрі наступні: середньодобова – 0,03 мг/м³; максимально разова – 0,1 мг/м³; в робочих приміщеннях промислового підприємства – 1 мг/м³.

- при роботі з хлором слід користуватися захисним спецодягом, протигазом, рукавичками. На короткий час захистити органи дихання від попадання в них хлору можна тканинною пов'язкою, змоченою розчином сульфату натрію Na₂SO₃ або тіосульфату натрію Na₂S₂O₃.

Завдання на самопідготовку

Закріпити отримані на лекції знання та підготувати доповіді на тему:

1. Вплив на довкілля фармацевтичних підприємств.
2. Вплив на довкілля підприємств з виробництва пластмас.
3. Хвороба Мінамати. Хвороба ітай-ітай.
4. Ксенобіотики. Стійкі органічні забруднювачі.

Питання для самоконтролю

1. Що таке хімічна промисловість? Охарактеризуйте галузі хімічної промисловості.

2. Дайте характеристику основних крупних підприємств хімічної промисловості України.

3. Що таке ксенобіотики? Які речовини є найбільш поширеними у викидах підприємств хімічної промисловості?

4. Охарактеризуйте вплив на атмосферу різних підприємств хімічної промисловості.

5. Якими забруднюючими речовинами насичені стічні води хімічних підприємств?

6. Надайте характеристику водо- і енергоємності продукції підприємств хімічної промисловості. Опишіть стан і перспективи розвитку утилізації відходів на хімпідприємствах.

7. Які найбільші хімічні аварії сталися у світі? Потрапляння яких хімічних речовин в навколишнє середовище обумовило небезпечність таких аварій?

ЛЕКЦІЯ 10. БУДІВЕЛЬНА ПРОМИСЛОВІСТЬ, ЇЇ ВПЛИВ НА ДОВКІЛЛЯ

План

10.1. Загальна характеристика будівельного комплексу.

10.2. Ресурси, що використовуються у будівельній галузі.

10.3. Вплив на навколишнє середовище.

10.4. Заходи зі зниження негативного впливу на довкілля.

Завдання на самопідготовку

10.1 Загальна характеристика будівельного комплексу

Промисловість будівельних матеріалів

В Україні виробництво будівельних матеріалів отримало порівняно високий розвиток завдяки значній сировинній базі і господарському освоєнню території.

Підприємства промисловості виробляють продукцію як з *природних матеріалів* (кам'яні, лісові), так і з *штучних* (керамічні, мінеральні в'язучі, бетонні, азбестоцементні, скло тощо). Виробництво будівельних матеріалів є найважливішою складовою будівельного комплексу. Промисловість будівельних матеріалів має багатогалузевий характер і об'єднує галузі *добувної* (природний камінь і нерудні матеріали) та *переробної промисловості* (азбестоцементні вироби, збірний залізобетон та ін.). А також *змішані підгалузі*, які об'єднують видобуток і переробку сировини і матеріалів. Специфіку промисловості будівельних матеріалів визначає ще й така її особливість, як широкий спектр і взаємозамінність продукції (бетонні вироби можна замінювати цегляними, азбестоцементні – металевими і т.д.).

На території України підприємства будівельної індустрії розміщені майже рівномірно, з найбільшою концентрацією в великих містах і промислових зонах. До головних районів промисловості будівельних матеріалів належать *Донбас* і *Придніпров'я*.

Окремі галузі виробництва будівельних матеріалів в результаті недосконалих технологій і відсутності якісних очисних споруд завдають великої шкоди навколишньому середовищу. Особливо небезпечними в цьому відношенні є цементні заводи і кар'єри видобутку природного каменю, гіпсу, крейди та інших матеріалів.

Будівельні матеріали підрозділяють на природні і штучні.

До ***природних будматеріалів*** відносяться природні кам'яні матеріали. Це матеріали та вироби, що отримують з гірських порід без зміни їх основних властивостей: пісок, гравій, бутовий камінь, граніт, мармур, базальт. Їх видобувають у кар'єрах або шахтах.

Штучні будматеріали

Основа сучасного виробництва будматеріалів – виробництво ***в'язучих матеріалів***. В'язучі – це такі матеріали, переважно порошкові, які в процесі змішування з водою або іншою рідиною утворюють пластичну масу, що з часом перетворюється (в результаті фізико-хімічних перетворень – гідратації, гідролізу, кристалізації, полімеризації) в міцне каменеподібне тіло. Цю властивість використовують для приготування бетонів, будівельних розчинів, штучного каменю, виробів і конструкцій.

В'язучі з дрібним наповнювачем (піском) утворюють будівельні розчини, в суміші з дрібними і грубозернистим наповнювачем (гравій, щебінь) – бетони.

- *Гіпс*. Сировиною для виробництва гіпсових в'язучих служить природний гіпсовий камінь $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, а також природний ангідрит CaSO_4 .

- *Вапно*. Повітряне вапно – в'язуче, яке отримують випалюванням карбонатних порід (вапняку, крейди) до повного видалення CO_2 при температурах 1000-1200 °С: $\text{CaCO}_3 = \text{CaO} + \text{CO}_2$.

- *Цемент*. Основне мінеральне в'язке – портландцемент. Це продукт тонкого помелу цементного клінкеру, в процесі подрібнення в клінкер вводять 1,5 - 3,5 % гіпсу, до 15 % активних мінеральних добавок.

Для отримання клінкеру використовується природний мергель або суміш вапняку або крейди з глиною. Доменні шлаки, паливні золи, нефелінові шлами і деякі інші виробничі відходи можна використовувати для часткової заміни карбонатних або глинистих компонентів шихти. Склад клінкеру: 62-67 % CaO , 20-24 % SiO_2 , 2,4-8 % Al_2O_3 , 2-6 % Fe_2O_3 .

Процес отримання портландцементу складається з видобутку сировинних компонентів, підготовки суміші, випалу суміші до спікання (одержання клінкеру), подрібнення продукту (з добавками) в порошок (отримання цементу).

Бетон виробляють з цементу, піску і заповнювачів (щебінка, галька).

Залізобетонні плити (стовпчики, стійки, панелі перекриття та ін.). Спочатку зварюють арматуру і кладуть її в формувальний ящик, який заливають бетонним розчином. Через добу, після застигання розчину, отримують готову плиту перекриття або інші вироби.

Азбестоцемент. В якості сировини використовується природний або штучний азбест і цемент. Промисловість спеціалізується на виробництві шиферу і труб.

Бітумні в'язучі – складні суміші вуглеводнів і їх неметалічних похідних (сірка, кисень, азот) природного і штучного походження. Природні бітуми дуже дорогі і досить рідкісні, тому застосовуються тільки в виробництві бітумних лаків. Залишкові бітуми (гудрон) утворюються в процесі розгону нафти, за в'язкістю поділяються на тверді, напівтверді і рідкі. Тверді та напівтверді бітуми використовують для отримання дорожніх покриттів, покрівельних рулонних матеріалів, бітумних мастик і лаків, рідкі – тільки для отримання дорожніх покриттів.

Розчинне скло – технічний продукт, що складається з силікатів лужних металів $\text{M}_2\text{O}(\text{SiO}_2)_m$ (M – Na, K; m – кількість молекул SiO_2).

Полімербетони – це матеріали, які отримують з мінерального в'язучого, полімеру і наповнювача. У разі введення в складі полімерцементних бетон арматура (у вигляді стрижнів або волокна) отримує армополімерцементні бетони (армополімербетони) висока міцність. Такі будматеріали застосовують в хімічній, гірничо-металургійної, нафтової промисловості. Їх застосовують для виготовлення хімічно стійких підлог, ємностей і трубопроводів для агресивних і біологічно активних рідин.

Будівельна кераміка. *Керамічними* називають штучні кам'яні матеріали і вироби, які отримують з глин або їх сумішей з мінеральними добавками шляхом формування і подальшого випалення.

Основна сировина у виробництві кераміки – глина, в яку вводять пісні

добавки, вигоряючі добавки, флюси. Найпоширеніший вид будівельної кераміки є *цегла*. Розрізняють цеглу глиняну і силікатну. Для виробництва першого використовується червона глина, другого – силікатні піски і вапняки.

Вироби зі скла. *Склом* називають аморфні тіла, що мають механічні властивості твердих тіл і отримані шляхом переохолодження розплавів. Скло буває природним (утворено в результаті діяльності вулканів – обсидіан) і штучним.

Сировинні матеріали для виробництва скла поділяються на основні (кварцовий пісок SiO_2 – вміст в шихті становить 60-75 %, сода Na_2CO_3 , поташ K_2CO_3 , вапняк, сульфат натрію Na_2SO_3 , глинозем, крейда) і допоміжні (барвники, освітлювачі – речовини, що знебарвлюють скло).

В якості барвників використовують сполуки заліза (синьо-зелений, жовтий, коричневий колір), сполуки марганцю (фіолетовий), кобальту (синій), хрому (зелений), нікелю (димчастий або червонувато фіолетовий), селену – забарвлює скло в червоний і рожевий кольори, золото дає колір «золотий рубін» – від темно-червоного до рожевого фарбування, срібло – золотисто-жовтий, мідь – «мідний рубін» – яскраво-червоний.

Освітлювачами слугують нітрати, оксиди миш'яку і сурми, сульфат натрію, сполуки фтору і амонію. Знебарвлюючими речовинами є сильні окислювачі: нітрати, оксиди миш'як, сурма та ін.

Вироби для покриття підлог

У будівництві використовують полімерні *рулонні* і *плиткові* матеріали. Рулонні матеріали для підлог поділяють на лінолеум і синтетичні килимові покриття. За видом вихідного полімеру розрізняють полівінілхлоридні, гліфтальові, гумові, коллоксилінові та інші, за структурою – безосновні, зі зміцнюючою, тепло-, звукоізолюючою основою, одношарові й багатшарові.

Будівництво

Виробничий будівельний процес з усією сукупністю різних етапів будівництва називають **будівельною системою**, кінцевим результатом якої є закінчений будівельний об'єкт. За своїм розташуванням в плані будівництва об'єкти поділяються на:

- компактні (будинки, дамби, мости і т.п.);
- лінійні (залізні дороги, трубопроводи, ЛЕП і ін.);
- за площею (міста, водосховища, промислові комплекси тощо).

Система, яка відображає всю складність взаємодії будівельного об'єкта з навколишнім середовищем, називається **природно-технічною системою (ПТС)**. Технічною частина цієї системи є будівлі і спорудження, друга складова – природна, тобто навколишнє середовище (гірські породи, підземні води, біота). Завдання будівельного проектування полягає в створенні єдиної і гармонійної природно-технічна системи.

10.2 Ресурси, що використовуються у будівельній галузі

Сировиною для виробництва багатьох будівельних матеріалів є корисні копалини:

- магнезит $MgCO_3$, доломіт $CaCO_3$, $MgCO_3$ – Донецька область;
- кварцовий пісок – Донецька та Волинська області;
- кремній – Донецька та Волинська області;
- польовий шпат – Донецька та Волинська області;
- вогнестійкі глини – Донецька і Сумська області;
- кварцити – Донецька, Луганська і Житомирська області;
- вогнестійкі глини – Донбас і Придніпров'я;
- бентонітові глини – Закарпатська, Черкаська, Донецька області та Автономна республіка Крим;
- формувальний пісок (алювіального і морського походження) – Донецька, Харківська, Запорізька та інші області України.

Україна практично повністю забезпечена сировиною для виробництва будівельних матеріалів.

Будівельні матеріали діляться на природні і штучні. До природного відносяться лісові – круглий ліс, пиломатеріали; природні матеріали з каменю – звичайний і облицювальний камінь, гравій, пісок, глина та ін. До штучних матеріалів відносяться мінеральна в'язучі речовини (гіпс, вапно, цемент), керамічні матеріали (цегла, різна будівельна кераміка), бетони та будівельні розчини; металеві, теплоізоляційні, звукоізоляційні, акустичні, гідроізоляційні матеріали; пластмаси і лакофарбові матеріали.

10.3 Вплив на навколишнє середовище

Вплив на навколишнє середовище промисловості будівельних матеріалів

У процесі видобутку природних матеріалів використовують бурові, вибухові, розпилювальні машини і дію високих температур. В результаті відбувається забруднення атмосфери пилом, продуктами згоряння палива, продуктами високих температур, вибуховими речовинами. Для транспортування порожньої породи у відвали і видобутого каменю на дробильно-сортувальні фабрики використовують, в основному, автотранспорт (на відстанях 7-10 км), рідше – залізничний (на необмежені відстані) і конвеєрний (на відстанях від 0,2 до 2-3 км). У разі застосування гідровидобутку пил у викидах відсутній, але відбувається забруднення води зваженими, мінеральними і органічними речовинами.

Виробництво будівельних конструкцій і матеріалів є сукупністю складних технологічних процесів, пов'язаних з перетворенням сировини в різні стани і з різними фізико-механічними властивостями, а також з використанням різного ступеня складності технологічного обладнання і допоміжних механізмів. У багатьох випадках ці процеси супроводжуються виділенням великої кількості полідисперсного пилу, шкідливих газів і інших забруднень. До

технологічних процесів, пов'язаних з підвищеним виділенням пилу і шкідливих газів, відносяться завантаження, перевантаження та розвантаження сипучих матеріалів, їх сортування, подрібнення, транспортування, змішування, формування і упаковка.

Джерела виділення пилу у виробництві вапна: дробарки, вузли перевантаження, грохоти, випалювальні печі, млини, склади готової продукції.

У цементній промисловості в місцях розвантаження сировини і продукту, в разі застосування сухого помелу сировини і розмелу клінкеру виділяється велика кількість пилу. Відходящі газів від цементних печей, містять цементний пил (до 70 кг/т продукту), до 14,7 % SiO_2 , 8,6 % Al_2O_3 , 22,3 % MgO , 2,7 % FeO_x . Пил високодисперсний, викликає силікоз.

Виробництво керамічних виробів пов'язано з виділенням в атмосферу:

- димових газів від згоряння органічного палива,
- пилу від млинів, пресів, сушарок, печей випалення, ліній глазурування,
- продуктів реакцій між основними компонентами сировини. Основні з них: сполуки сірки, хлору і фтору. Джерелами цих забруднень є водорозчинні хлориди і сульфати, гумусові речовини в глинах, пірит. У шлаках, що на деяких заводах додають в шихту, містяться сполуки фтору, які в процесі нагрівання сублімуються або утворюють HF.

У процесі виробництва бетонної суміші в змішувальному відділенні спостерігається підвищене виділення пилу – майже в п'ять разів вище ГДК, в надбункерному приміщенні – в 1,5-2,0 рази, а у відділенні дозування робочої суміші – 3-4 ГДК.

Для арматурних цехів, а також цехів з виробництва нестандартних металевих конструкцій, характерними забруднюючими речовинами є пил металів та їх оксидів (окаліни), а також діоксиди вуглецю і марганцю (в складі аерозолів, що утворюються при зварюванні металів). У процесі контактного зварювання санітарні норми оксиду марганцю підвищуються до 1,3, а ГДК зварювальних аерозолів – в 1,1-1,3 рази. В процесі ручного електричного зварювання спостерігається виділення оксиду азоту в межах норм, двоокис вуглецю і марганцю перевищують ГДК відповідно в 1,5-2 і 1,3-3 рази, зварювальні аерозолі в 3-4 рази.

У технологічному процесі виробництва силікатної цегли підвищене виділення пилу спостерігається в процесі завантаження кранами вапняку і піску, дозування їх на стрічковому конвеєрі, транспортуванні, сортуванні, просіюванні, в змішувачах і в процесі пресування. На робочих місцях в приміщеннях підготовки суміші запиленість перевищує санітарні норми від 2 до 20 разів, а в формувальному цеху – від 2 до 5 разів.

У процесі виробництва кераміки і керамічної цегли пиловидалення перевищує ГДК на складах глини в 1,5-2,5 рази, на складах піску – в 5-7 разів, в сумішопріготувальних цехах – в 12-15 разів, а в відділенні помелу шамоту запиленість досягає 30-32 ГДК. На ділянці навантаження і розвантаження запиленість в 2-3 рази перевищує допустимі концентрації. У цехах, де відбувається сушіння і випал, переважно виділяється оксид вуглецю – його концент-

рація досягає відповідно до 1,5-2,0 і до 3,0-4,0 ГДК, сірчаного ангідриду – в 1,5 і 2 ГДК.

Основне пиловидалення в процесі виробництва плит мінеральної вати на ділянці підготовки насадки місцями перевищує санітарні норми в 40-70 разів, на ділянці печей – в 10-20 раз, у формуванні мінеральної вати – в 5-10 разів. Концентрації фенолу, аміаку, формальдегіду перевищують санітарні норми приблизно однаково – до 1,5-2,0 ГДК.

Виробництву будівельних конструкцій і матеріалів на окремих ділянках властиві підвищенні виділення парів і теплоти. На деяких робочих місцях влітку температура становить 30-40 °С, у той же час є робочі місця, де взимку температура буває мінусовою. Існують ділянки з підвищеною (85-95 %) і дуже малою (25-30 %) вологістю і протягами.

Матеріали для покриття підлоги типу ковролін або килимові вироби, текстильні товари, пеноізоляційні матеріали виділяють формальдегіди. Формальдегід гостро впливає на кон'юнктиву очі та дихальні шляхи.

У ХХ столітті в будівництві почали широко застосовувати азбест у вигляді термоізоляційного матеріалу, акустичних покриттів, що напіляються на металеві сітки, полум'ягасників у вигляді асбоцементу, вінілазбестових покриттів для підлоги тощо. В процесі експлуатації таких виробів може відбуватися вихід азбестових волокон у повітря приміщень у вигляді силікату магнезю. Азбест біологічно дуже активний матеріал, його волокно потрапляючи в легені викликає пошкодження тканин. Це захворювання отримало назву *азбестоз*. Хвороба може закінчитися розвитком ракової пухлини. Азбест віднесений до речовин І групи небезпеки – його кількість в повітрі не повинна перевищувати 0,5 мг/м³, що становить приблизно 1000 волокон в 1 м³ повітря. Небезпека азбестових впливів особливо велика в зв'язку з відстроченою дією – хвороба розвивається через 20-40 років після отримання надлишкової дози.

Надзвичайно активним джерелом забруднення атмосферного повітря є процес виготовлення асфальтобетону. На асфальтобетонних підприємствах з бітумних пароенергетичних агрегатів в атмосферу надходить не тільки пил і сажа, а також сполуки, що містять смоли, оксиди вуглецю і сірки, радіонукліди та важкі метали.

Радіоактивність будівельних матеріалів. У нових стандартах на технічні умови для будівельних матеріалів одним з параметрів їх екологічної безпеки затверджений показник *радіаційної якості*. Критерієм для прийняття рішень про можливість використання будівельних матеріалів і виробів служить показник *«питома ефективна активність штучних радіонуклідів»*. Дуже важливо відзначити, що вимоги радіаційно-екологічної оцінки введені в стандартах і на будівельну сировину.

Рівень фону гамма-випромінювання всередині будівлі залежить в основному від радіоактивності будівельних матеріалів. Еквівалентна доза опромінення від будівельних матеріалів і конструкцій становить 55-60 % від загального опромінення. Будівельні матеріали можуть містити такі радіонукліди, як уран-238, торій-232 і калій-40. Уран-238 за геохімічними властивостями і пе-

ріодом напіврозпаду ділиться на дві групи: урановий і радієвий (від радію-226 до свинцю-206). У свою чергу продуктом розпаду радію-226 є радон-222.

У природних умовах підвищені концентрації радіонуклідів U, Th, і K мають калієві польові шпати, калійні солі, слюда, глауконіт, мінерали глини: бентоніт, каолініт, гідрослюда та ін, а також акцесорні мінерали: циркон, монацит, сфен та ін.

Найбільше значення питомої ефективної активності радію-226 мають глина, щебінь з граніту і керамзитовий гравій. У процесі виготовлення в заводських умовах керамзитового гравію з бентонітових глин з високим вмістом радіонуклідів можливо утворення технологічних зон, небезпечних для здоров'я персоналу.

Значну небезпеку для здоров'я людини становить виділення радону з деяких будівельних матеріалів. Швидкість еманції радону з будівельних матеріалів в багатьох випадках визначається концентрацією радону в повітрі усередині приміщень. Середня еквівалентна об'ємна активність в ньому не повинна перевищувати 100 Бк/кг. На концентрацію радону і природних радіонуклідів в приміщеннях сильно впливає сировина, яка використовується при виготовленні будівельних матеріалів, а також технологія їх виготовлення. Виділення радону з будівельних матеріалів впливає на підвищення частоти захворювань на рак легенів. Він також може вражати кістковий мозок.

Будівництво шлакоблокових матеріалів, природна активність яких не контролюється, призвело до забруднення багатьох приміщень радоном. Для більш широкого контролю за вмістом радону в житлових приміщеннях існує міжнародна програма «Risk communication», до участі в якій залучені і українські вчені.

Біологічне пошкодження будівельних матеріалів. Будівельні матеріали можуть погіршувати екологічну ситуацію в будівлях і спорудах не тільки в процесі виділення токсичних і радіоактивних речовин, а також можуть сприяти розмноженню мікроорганізмів, грибів, водоростей, комах, гризунів тощо.

Вплив будівництва на навколишнє середовище

В процесі виконання будівельно-монтажних робіт значними джерелами забруднення атмосферного повітря є:

- відпрацьовані гази автотранспорту та іншої будівельної техніки з двигунами внутрішнього згорання;
- розпилення цементу, вапняку, барвникових аерозолів тощо;
- спалювання відходів і залишків будівельних матеріалів.

Для широкого використання прогресивного гідромеханізованого способу виконання будівельно-монтажних робіт потрібно 10 м³ води на 1 м³ ґрунту. Багато води йде на закріплення і ущільнення ґрунту під час будівельних робіт.

Будівництво є важливим фактором забруднення поверхневих вод. В першу чергу це відбувається в тих випадках, коли стічні води з будівельних майданчиків надходять у водойми в неочищеному стані. **Основними джере-**

лами забруднення підземних вод є також будівельні майданчики, склади будівельних матеріалів і фільтрат від звалищ будівельного і побутового сміття.

У процесі будівельної діяльності грунт забруднюється будівельними відходами, цементом, вапном, фарбами, нафтопродуктами, важкими металами та іншими токсичними речовини. Основні джерела забруднення ґрунтів є звалища будівельних матеріалів, будівельні матеріали в момент їх транспортування і зберігання. *Будівельна ерозія* сприяє розвитку вимоїн, ритвин, ярів та інших негативних форм рельєфу, знищує рослинний покрив, сприяє замулюванню водойм і пошкодження міграційних шляхів. Землі сільськогосподарського призначення назавжди порушуються після їх відчуження для будівництва промислових об'єктів, міст, селищ, прокладці доріг, ліній зв'язку та електропередач, у процесі проведення відкритих розробок родовищ природних будівельних матеріалів. За даними ООН в світі тільки для будівництва міст та транспортних шляхів щорічно втрачається 300 тис. га орних земель.

Особливу групу антропогенних впливів, що пов'язані з будівництвом, викликають *аеродинамічні порушення*, обурення, температурні впливи та ін. Після завершення будівництва високих будівель і споруд аеродинамічні характеристики будівельного майданчика різко змінюються. Утворюються віхороподібні атмосферні потоки величезної сили, які здатні в деяких випадках пошкоджувати скляні конструкції, обмурівку будівлі тощо. На прилеглих до будівельних споруд територіях в зимовий період утворюються значні снігові замети, які здатні створювати дискомфортні умови для пішоходів. Чим вище наземні будівельні споруди, тим менше вони обтічні, і тим більше несприятливий режим аерації і вищі приземні концентрації забруднюючих речовин.

Сукупність процесів зміни природних комплексів і природних умов під впливом будівельної діяльності отримала назву *будівельного техногенезу*.

Будівельна галузь є потужним споживачем природних ресурсів, що призводить до їх виснаження, оскільки виробництво будівельних матеріалів і виробів є найбільш матеріаломістким видом антропогенної діяльності і вимірюється мільярдами тонн. Тільки для виробництва бетону (в рік його виробляється більше 1 млрд м³) в світі щорічно витрачається сотні млн тонн цементу, щебеню, піску та інших природних ресурсів. Підраховано, що в економічно розвинених країнах до 50 % загального обсягу видобувних природних ресурсів витрачається на потреби будівельної індустрії. У наш час у світі продовжує збільшуватися обсяг будівництва, зростає частка так званих «супер-об'єктів», одинична вартість яких нерідко перевищує один мільярд доларів. До таких об'єктів належать, наприклад, потужні гідротехнічні споруди, мости, аеропорти, тунелі.

Однією з найбільш гострих проблем будівельного техногенезу є забруднення атмосфери. За даними проф. Т. Бремнера (Канада), виробництво тільки однієї тонни цементу призводить до викидів в атмосферу тонни CO₂. Загальні викиди CO₂, пов'язані з виробництвом цементу в світі, перевищують 1200000000 тонн. Не менш шкідливими є енергетичні забруднення (шум, інфразвук, вібрація, іонізуюче випромінювання і т.д.). Робота цементних заво-

дів і інших підприємств будівельної індустрії супроводжується утворенням надзвичайно великого об'єму стічних вод і твердих відходів. Негативний вплив будівництва на природні екосистеми проявляється у відчуженні цінних земель і сільгоспугідь, знищенні рослинного і тваринного світів.

У цілому слід зазначити, що сучасний будівельний техногенез здійснює значний вплив на процеси, що відбуваються в природних комплексах і екосистемах, негативно впливає на всі складові біосфери: атмосферу, гідросферу, літосферу і біотичні угруповання. Негативний вплив будівельного техногенезу як однієї з форм функціонування природно-технічної системи вимагає прийняття спеціальних заходів підтримки екологічної рівноваги з тим, щоб не допустити деградації та втрати рівноваги природними екосистемами. Екологічно безпечною може вважатися тільки така будівельна діяльність, при якій в природних комплексах і екосистемах не будуть проходити кількісні зміни (забруднення або порушення), які ведуть до зменшення меж гомеостазу, порушення в них структурних і функціональних характеристик і інших допустимих меж існування.

10.4 Заходи зі зниження негативного впливу на довкілля

На підприємствах промисловості будівельних матеріалів при невеликих об'ємах газів, які необхідно очищувати, раціональним є термічне знешкодження їх прямим спалюванням в автономних топках. Методи каталітичного окислення доцільно застосовувати для очищення порівняно невеликих об'ємів газів і низькому вмісті в них токсичних інгредієнтів після ретельного очищення від пилу і смол. На підприємствах мінеральних виробів, викиди яких містять значну кількість оксиду вуглецю і сірчистого ангідриду, доцільно застосовувати нейтралізацію оксиду вуглецю шляхом високотемпературного спалювання в полум'ї газових пальників, а знепилювання й очищення від сірчистого ангідриду – шляхом подачі 5-10 % розчину кальціонованої соди в дрібно-норозпиленому вигляді.

Методи високотемпературне спалювання газів в спеціальних печах дають перевагу для очищення газів з високим вмістом у них баласту, а також мінеральних домішок. Застосування вогневого методу зневоднення промислових викидів набуло поширення у виробництві червоної цегли.

У промисловості будівельних матеріалів поширені такі види очищення викидів як механічна фільтрація вентиляційних викидів, очищення викидів від оксиду вуглецю способом аеродинамічного пиловидалення і очищення пилових викидів та ін.

Нові екологічно безпечні технології в будівництві. *На сьогоднішній день промисловими виробниками представлено досить багато технологічних рішень, здатних забезпечити підвищення енергетичної ефективності житлових будинків. це:*

- теплоізоляція фасадів;
- використання легких бетонів і «пінобетонів»;

- вдосконалення віконних конструкцій – «Євро-вікна»;
- системи вентиляції з рекуперацією тепла;
- ширококорпусних конструкції будівель;
- системи розумного використання та регулювання тепла і води тощо.

У будівництві останнім часом все більшої популярності набувають пасивні будинки, ідея яких заснована на сучасних технологіях, що дозволяють створити комфортний мікроклімат для проживання людини, будучи одночасно максимально економічними і викликаючи мінімальний вплив на навколишнє середовище. Такі споруди розроблені так, що їх забезпечення вимагає найменшого використання природних ресурсів, а також вони абсолютно безпечні для навколишнього середовища.

Завдання на самопідготовку

Закріпити отримані на лекції знання та підготувати доповіді на тему:

1. Вплив на довкілля виробництва цементу.
2. Вплив на довкілля підприємств з виробництва дорожніх матеріалів.
3. Вплив на довкілля процесів будівництва житлових будівель.
4. Концепція «пасивного дому».

Питання для самоконтролю

1. Дайте загальну характеристику будівельного комплексу.
2. Які галузі об'єднує промисловість будівельних матеріалів? Назвіть головні райони підприємств будівельної індустрії на території України.
3. Які будівельні матеріали відносять до природних, а які до штучних?
4. Що таке в'язучі матеріали? Якої сировини потребує виробництво основних в'язучих речовин?
5. Яка сировина використовується для виробництва кераміки та скла?
6. В яких регіонах України зосереджуються місця добування основних сировинних ресурсів для будівельної галузі?
7. Охарактеризуйте вплив на навколишнє середовище промисловості різних будівельних матеріалів.
8. Надайте характеристику радіоактивності будівельних матеріалів.
9. Яким чином будівництво впливає на навколишнє середовище?
10. Назвіть найбільш розповсюджені заходи зі зниження негативного впливу будівельної промисловості на довкілля.
11. Які екологічно безпечні технології в будівництві Вам відомі?

ЛЕКЦІЯ 11. МАШИНОБУДУВАННЯ, ЙОГО ВПЛИВ НА ДОВКІЛЛЯ

План

11.1. Загальна характеристика машинобудівного комплексу.

11.2. Вплив на навколишнє середовище.

11.3. Заходи зі зниження негативного впливу на довкілля.

11.4. Нові екологічно безпечні технології.

Завдання на самопідготовку

11.1 Загальна характеристика машинобудівного комплексу

Машинобудівний комплекс посідає одне з перших місць у загальній промисловості України. Його продукція широко використовується усіма галузями економіки України. В Україні машинобудування є багатопрофільним і представлено такими галузями як *загальне, транспортне та точне машинобудування*. Залежно від технологічних особливостей кожна з галузей має свої принципи розташування. Так, загальне машинобудування тяжіє переважно до споживача та металургійних баз, транспортне – до трудових ресурсів певної кваліфікації, точне – до найбільших наукових центрів.

Для машинобудування характерна розмаїтість знарядь виробництва та номенклатури продукції: верстати, транспорт, енергетичне, сільськогосподарське устаткування, устаткування для атомної промисловості, тобто кожне виробництво має свої специфічні технології. У той же час для машинобудівних підприємств характерна спільність сировинних матеріалів (чорні та кольорові метали і їхні сплави), ідентичність основних технологічних принципів перетворення їх у деталі (лиття, кування, штампування, обробка різанням і т.д.), а деталей – у вироби (зварювання, зборка і т.д.). Процес створення і виробництва виробів охоплює ряд взаємозалежних етапів, так званий «життєвий цикл виробу», починаючи із розробки конструкції та технології, виготовлення деталей, складальних одиниць і механізмів і закінчуючи власне виробництвом виробів, їхньою обробкою, випробуваннями та відправленням споживачу.

Структура машинобудівного підприємства

Середньостатистичний машинобудівний завод складається з ряду основних та допоміжних цехів і служб. Основні цехи – заготівельні, обробні і випускаючі. До *заготівельних цехів* відносяться чавуно- та сталеливарні, ковальсько-пресові, цехи для різання заготовок. У число *обробних цехів* входять механічні, термічні, складальні, цехи металопокриттів (гальванічні) та інші. *Випускаючі* цехи забезпечують випуск промислової продукції. До допоміжних цехів відносяться інструментальні, ремонтно-механічні, експериментальні та інші. На кожному підприємстві діє ряд служб, куди входять складські приміщення, енергогосподарство, внутрішньозаводський транспорт, опалення, вентиляція, каналізація і ряд інших.

Всі підгалузі машинобудування можна поділити на дві групи: ресурсомісткі і наукомісткі.

Особливості наукомістких підгалузей машинобудування (виробництво засобів зв'язку, обчислювальної техніки і периферійного устаткування, електронно-обчислювальних приладів, оптичних та інших точних приладів): невелика матеріало- та енергоємність, мале водоспоживання і відповідно значно менше виділення викидів, скидів та твердих відходів у навколишнє середовище в порівнянні з ресурсномісткими, вплив яких на навколишнє середовище значний.

Загальна характеристика машинобудівного комплексу

Машинобудівний комплекс складається з металообробки, власне машинобудування та малої металургії.

Металообробка – це виготовлення металевих виробів, металоконструкцій, ремонт машин та обладнання. *Мала металургія* – це невеликі цехи в складі машинобудівних підприємств, які займаються випуском деталей для різних машин та заготовок для їх виготовлення. Мала металургія представлена ливарним та ковальсько-пресовим виробництвом, зварюванням та штампуванням.

Машинобудування відображає технічний прогрес країни і має велике значення для розвитку її продуктивних сил, підвищення економічної могутності держави та добробуту народу, воно включає біля 70 галузей, найголовнішими є:

Загальне машинобудування займається виготовленням засобів виробництва і є досить металомістким. Тому воно зорієнтоване на споживача та райони чорної металургії. Його основними галузями є важке та сільськогосподарське машинобудування, а також тракторобудування, верстатобудування, виробництво устаткування для легкої та харчової промисловості.

Транспортне машинобудування в наш час розвивається стрімкими темпами. Воно займається виробництвом різних транспортних засобів і вирізняється своєю працемісткістю. До його галузевого складу входять залізничне машинобудування, автомобілебудування, суднобудування, авіаракетобудування.

Точне машинобудування стало надбанням другої половини ХХ ст. Воно дало світу новітню продукцію приладобудування, електротехніки і особливо електроніки.

Загальна характеристика малої металургії

Виробництво більшості деталей починається з виготовлення заготовок для них. Форма заготовки має бути максимально наближеною до форми готової деталі. Тому більшість деталей (50-80 % від загальної маси машин) виготовляють за допомогою ливарного, штампувального, ковальсько-пресового та зварювального виробництв.

Ливарне виробництво характеризується дешевизною процесів, виготовленням деталей складних форм. Суть його полягає в отриманні заготовок шляхом заливання розплавленого металу або сплаву у ливарну форму. Це найбільш простий та дешевий спосіб отримання виробів. Маса деталей коливається від декількох грамів до декількох сотень тонн.

Технологія спеціальних способів лиття. У серійному та масовому виробництві застосовують спеціальні види лиття, які забезпечують високу якість та точність виливків, внаслідок чого значна їх частина – готові деталі. Залежно від матеріалу, способу виготовлення та заливання металу розрізняють лиття: в металеві форми, відцентрове, під тиском, в оболонкові форми (кіркові), точне за виплавлюваними моделями.

Кування та штампування. Поковки, штамповки та прокат одержують обробкою металів тиском. У одиночному та малосерійному виробництві поковки одержують куванням на молотах або пресах. Кування складається з приготування вихідного металу, нагрівання та формоутворення його, обробки поковки.

Суть *штампування* полягає в тому, що заготовку розташовують у штампі, де під тиском вона заповнює порожнини штампу, набуваючи потрібної форми. Штмпують місцевим нагріванням, вибухом, гідравлічно, поелементно та рідким металом. Для штампування вибухом, або гідравлічного, виготовляють металеву матрицю, за конфігурацією якої утворюється заготовка під тиском вибухової хвилі чи рідини.

Металообробка

Для загального уявлення про її принципи розглянемо деякі способи обробки матеріалів, з яких виготовляють необхідні деталі для її галузей.

Обробка металів різанням. Обробці різанням піддаються метали такі як залізо, мідь, алюміній та сплави і деякі неметалеві матеріали. Розрізняють такі види обробки матеріали різанням: точіння, свердління, фрезерування, стругання, шліфування.

Зварювання – це процес з'єднання в одне ціле окремих металевих частин міжатомними силами зчеплення, які можуть виникати між контактними частинами, що з'єднуються, коли відстань між ними наближається до міжатомної. Внаслідок цього у зоні зварювання відбувається взаємне проникнення атомів з однієї частини металу в іншу з утворенням міцного нероз'ємного з'єднання. Може здійснюватися як із застосуванням нагрівання, так і без нього. Залежно від енергії, яка використовується, зварювання поділяють на:

- електричне (всі види дугового та контактного зварювання, електрошлакове тощо);
- хімічне (газове, термітне);
- механічне (тертям, тиском).

Термічні методи обробки матеріалів. У процесі термічної обробки відбувається зміна структури металу, у результаті досягаються необхідні фізико-хімічні властивості матеріалу. Процеси термічної обробки підрозділяються на:

– процеси, що викликають структурні зміни металу (як поверхневі, так і об'ємні): відпал, загартування, відпуск, старіння.

– процеси, що викликають зміни хімічного складу металу в поверхневих шарах. Їх проводять для підвищення границі витривалості конструкційних сталей, зносостійкості тертьових поверхонь, збільшення корозійної стій-

кості та жаростійкості металів. До таких процесів відносяться: азотування, цементация, ціанування.

Методи обробки матеріалів шляхом нанесення метало покритть

Нанесення металопокритть забезпечує підвищення корозійної стійкості, вирівнювання поверхні, поліпшує зовнішній вигляд виробів. Нанесення металопокритть складається з 3-х етапів:

- 1 – механічна підготовка поверхні,
- 2 – хімічна і/чи електрохімічна підготовка поверхні,
- 3 – хімічне і/чи електрохімічне нанесення покритть.

В процесі механічної підготовки поверхні з неї видаляються поверхневі дефекти (задирки, окалина, раковини, жужільні залишки та неметалічні включення). В атмосферу потрапляє металевий та абразивний пил. Етап хімічної та електрохімічної підготовки складається з операцій знежирення та травлення поверхні, тобто видалення органічних і неорганічних забруднень поверхні.

Знежирення здійснюється шляхом занурення деталі у ванну з органічним розчинником (бензин, гас, уайт – спірит, CCl_4 , трихлоретилен, перхлоретилен) або водяними слаболужними мийними розчинами. Як мийні агенти використовують кальциновану соду (Na_2CO_3), їдкий натр ($NaOH$), тринатрійфосфат (Na_3PO_4), додають поверхнево-активні речовини (ПАР). Лужні розчинники використовують в процесі електрохімічного знежирення для утворення емульсії масляних забруднень. Жирова плівка видаляється пухирцями H_2 і O_2 , які утворюються на електродах.

Хімічне та електрохімічне травлення поверхонь необхідне для видалення плівки оксидів (яка може бути невидима неозброєним оком), яка перешкоджає міцному зчепленню металевого покриття з поверхнею. Для травлення поверхні деталі поміщають у розчини кислот (H_2SO_4 , HCl , HNO_3 , HF), концентрованих лугів, розплави солей. Для прискорення процесу застосовують електрохімічне травлення в тих же середовищах.

Залежно від виду покриття розрізняють такі гальванічні операції: цинкування, кадміювання, лудіння, свинцювання, міднення, нікелювання, хромування, сріблення, золочення, оксидування, фосфатування.

Усі ці процеси здійснюються зануренням деталей у ванни, заповнені електролітом (розчини кислот, лугів, солей та їхніх сумішей), і пропусканням через них електричного струму, що приводить до формування поверхневих захисних плівок відповідних складів.

Методи обробки матеріалів шляхом фарбування реалізуються з допомогою таких операцій: знежирення поверхонь (механічним, хімічним та термічним методами); підготовка лакофарбових матеріалів; нанесення покритть; сушіння оброблених поверхонь.

Нанесення покритть може проводитися способами: пневматичним, розпиленням під тиском (безповітряний); електростатичним, зануренням, струминним поливом, електроосадженням, у фарбувальних машинах, порошковим.

11.2 Вплив на навколишнє середовище

Забруднення атмосфери

Викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря від діяльності підприємств машинобудівного комплексу становлять приблизно 1-2 % від загального об'єму промислових забруднень – це, в основному, викиди газів металургійної складової машинобудівного комплексу.

Ливарне виробництво. До основних джерел забруднення атмосферного повітря у ливарному виробництві відносяться:

- плавильні агрегати ливарних цехів;
- дільниці ливарних цехів, які пов'язані із складуванням, переробкою та використанням шихтових та формівних матеріалів;
- шихтові подвір'я;
- сумішоприготувальні дільниці;
- дільниці формування та приготування стержнів та ін.

У ливарному виробництві на одну тонну виливків утворюється від 1 до 3 тонн відходів, які містять відпрацьовану та невикористану формувальну суміш, шлаки, пил, газу. Хоча основна частина відходів – відпрацьовані суміші та шлаки, але відносно забруднення навколишнього середовища найбільшу небезпеку створюють пил та газу у зв'язку з тим, що їх важко вловлювати та відводити.

З печей-вагранок для виливків чавуну викидається в атмосферне повітря: пил, CO, SO₂, CmHn, NOx. Хімічний склад пилу вагранки становить: SiO₂ – 20-50 %; CaO – 2-12 %; Al₂O₃ – 0,5-6 %; Fe₂O₃ + FeO – 10-36 %; C – 30-45 %. В процесі розливу з вагранок у ковші однієї тонни чавуну в атмосферу викидається біля 130 г CO та 18-22 г графітового пилу.

У газах, які відводяться від ливарного виробництва та викидаються в атмосферу, пил складається в основному з дрібнодисперсних частинок, а вміст вільного діоксиду кремнію доходить до 80 %.

В процесі приготування 1 кг формувальної суміші виділяється близько 7,5 г вуглеводнів (фенол, формальдегід, метанол, ацетон).

Значними пилогазовими викидами супроводжуються процеси зливу металу з печей у ківш і розливання у форми. На ділянках розливу металу у форми виділяється оксид вуглецю.

Процес вивільнення виливків супроводжується виділенням пилу, згорілої землі та окалини в кількості до 30 кг/т відлитого металу.

У ковальсько-пресовому виробництві в процесі нагрівання та обробки металів в атмосферу виділяються: мастильний аерозоль, що утворюється в процесі змащування штампів; продукти згоряння мастильних матеріалів; пил.

На **дільницях зварювання та різання металів** склад та маса викидів шкідливих речовин залежить від виду та режимів технологічного процесу, властивостей зварювальних речовин.

Механічна обробка металів на верстатах супроводжується виділенням пилу, стружки, туманів мастил та емульсій, які викидаються через вентиля-

ційні установки в атмосферу. Пил, що утворюється в процесі абразивної обробки, складається з 30-40 % матеріалу абразивного круга та 60-70% – оброблюваного матеріалу.

Суттєво забруднюють середовище **термічні цехи підприємств**. Щоб надати деталям певних фізичних характеристик, їх піддають термічній обробці (наприклад гартуванню). Галтовочні барабани є джерелами шумового забруднення середовища та виділення значної кількості пилу. До джерел забруднення атмосфери відносяться: ванни, агрегати для термічної обробки, нагрівальні печі, що працюють на рідкому та газоподібному паливі, а також дробоструминні, дробоскидувальні камери. У процесі роботи цих агрегатів та установок в атмосферу викидаються пари та продукти горіння мастил, аміак, ціанистий водень, пил тощо. В процесі ціанування металів виділяється до 600 мг/год ціанистого водню на один агрегат ціанування.

В процесі хіміко-термічної обробки у гальванічних цехах утворюється велика кількість дуже шкідливих газів, та парів розчину, що знаходяться у ваннах. Після певного часу розчин стає непридатним до подальшого використання у виробництві і тому потребує утилізації. Під час нанесення гальванічних покриттів (анодування, фосфатування тощо) утворюються різні шкідливі речовини. Так, наприклад, в процесі фосфатування виробів виділяється фтористий водень, концентрація якого у вихідних газах досягає 1200-1500 мг/м³. Концентрації HCl, H₂SO₄, HCN, Cr₂O₃, NO₂, NaOH та ін. у відходящих газах коливаються у значних межах, що потребує очищення повітря перед викидом в атмосферу.

Значним забруднювачем довкілля є виробництво, спрямоване на поліпшення загального вигляду деталей це – **фарбувальні цехи підприємств**. Біля робітника утворюється щільна аерозольна хмара із крапель фарби і парів розчинника. Ці суміші є вибухонебезпечним середовищем, тому необхідне їх інтенсивне відведення. З цією метою фарбовий аерозоль уловлюється водяним екраном з подальшим очищенням води. Основними джерелами загазованості повітря робочих зон та атмосфери є змішувачі лакофарбових матеріалів (ЛФМ), фарбувальні камери, сушарки, ванни з розчинами для знежирення. В процесі знежирення з поверхні дзеркала ванн випаровують пари вуглеводнів (г/(м²·хв)): бензину – 67-83; гасу – 17-34; уайт-спіриту – 83-100. Концентрація шкідливих речовин, що виділяються у фарбувальних камерах, залежить від характеристики ЛФМ, витрат, способу їх нанесення.

Забруднення гідросфери

Близько 10 млрд м³ води щорічно витрачається на потреби машинобудівельних підприємств країн СНД, де воду використовують для охолодження (підігріву) вихідних матеріалів та продукції, деталей і вузлів технологічного обладнання; приготування різних технологічних розчинів; промивання, збагачення та очищення вихідних матеріалів або продукції; господарського та побутового призначення.

Ливарне виробництво. Вода в ливарних цехах використовується для гідравлічного вибивання стержнів, транспортування формівної землі на ділянці регенерації, а також для гідротранспортування відходів горілої землі.

Джерелами забруднення стічних вод у ливарних цехах служать, головним чином, установки гідравлічного та електрогідравлічного очищення литва, вологого очищення повітря, гідрорегенерації відпрацьованих формівних сумішей. Велике економічне значення для народного господарства має утилізація стічних вод.

Утворені на цих операціях стічні води забруднюються глиною, піском, зольними залишками від вигорілої частини стержневої суміші та зв'язуючими добавками формівної суміші. Концентрація цих речовин у воді досягає 5 кг/м^3 .

У *ковальсько-штампувальному виробництві* вода витрачається на охолодження заслінок печей, ковальського інструменту, штампів гарячого штампування, пресів, для створення водяних завіс. Потреба у воді, що використовується на охолодження устаткування на 1 т поковок масою до 1,5 т складає 13 м^3 оборотної і 2 м^3 свіжої прямої, для поковок масою більше 1,5 т – 35 м^3 оборотної і 10 м^3 свіжої прямої, у штампуванні – 105 м^3 оборотної і 8 м^3 свіжої. У стічних водах ковальсько-пресових цехів міститься 0,4-1 г/л суспендованих речовин, 0,01-0,06 г/л мастил. Температура – 30-40 °С, режим скидання – періодичний.

У *механічних цехах* вода використовується для приготування мастильно-охолоджуваних рідин (МОР), промивання пофарбованих виробів, для гідравлічних випробувань та проведення інших робіт. Основними забруднювачами стічних вод є пил, металеві та абразивні частинки, сода, мастила, розчинники, фарби та ін. Заміна МОР у механічній обробці різанням зв'язана із втратою технологічних властивостей через нагромадження в МОР металевого пилу, продуктів термічного розкладу, окиснювання та утворення смол.

У *термічних цехах* воду використовують для приготування технологічних розчинів для загартування, відпускання та обпалювання деталей, промивання деталей та ванн після відведення відпрацьованих розчинів та ін. Основними домішками стічних вод є пил мінерального походження, металева окалина, важкі метали, ціаніди, мастила та луи.

Гальванічні ділянки. Вода на цих ділянках використовується для приготування технологічних розчинів, призначених для протравлення деталей та металів, нанесення на них гальванічних покриттів, а також для промивання деталей і ванн після відведення відпрацьованих розчинів та обробки приміщень. Основні домішки стічних вод – пил, металева окалина, емульсія, луи, кислоти, важкі метали та ціаніди. На травильних ділянках і в гальванічних цехах утворюється два потоки стічних вод: концентровані відпрацьовані травильні розчини та електроліти і промивні води. У загальному водоспоживанні підприємства на гальванічне виробництво приходить 30-50 %, з яких 80 % складають промивні води.

У свіжому травильному розчині міститься 15-20 % H_2SO_4 , у відпрацьованому – 4-5 %. Травильний розчин вважається непридатним, якщо концентрація FeSO_4 досягла 300-400 г/дм³. Для HCl ті ж значення відповідно 12-18 % і 2-4 %, а концентрація FeCl_2 дорівнює 250-350 г/дм³.

Об'єм відпрацьованих травильних розчинів дорівнює 0,6 м³/т металу, об'єм промивних стічних вод – 50 м³/т металу. З промивними стічними водами виноситься 50-75 % металу.

У відпрацьованих концентрованих стічних водах лужного травлення присутні солі лужних металів, що гідролізуються з утворенням відповідних оксидів. Стічні води ділянок нанесення гальванічних покриттів поділяються на 3 потоки:

- стічні води, що містять ціанисті сполуки (стічні води цинкування, міднення, сріблення, кадміювання), які утворюються в результаті електрохімічного виділення металів з їхніх ціанистих солей,
- стічні води, що містять сполуки хрому (стічні води хромування, хромової пасивації) – 40 % усіх стічних і вод цехів гальванічних покриттів,
- стічні води, ідо мають кислу чи лужну реакцію (стічні води процесів травлення, знежирення), які містять кислоти, луги, ПАР.

Забруднення ґрунтів

Тверді відходи машинобудівного комплексу мають обмежену номенклатуру і досить постійні за складом, хоча кількість відходів того чи іншого виду може коливатися в широких межах в залежності не тільки від масштабів виробництва, але також від характеру технології, яка застосовується та продукції, яка випускається. Тверді відходи містять амортизаційний брукт інструменту; відходи від виробництва прокату (обдирні стружка, обрізки, стружки, окалини); відходи виробництва литва (литники, шлаки, сміття та ін); відходи механічної обробки (обрізки, стружки, тирса); шлаки, золи, шлами, опади та пил (відходи систем очищення повітря).

Тверді відходи складають 260 кг на 1 т металу, іноді ці відходи становлять 50 % маси оброблюваних заготовок. Безповоротні втрати на 1 т споживаних чорних металів складають: 5,4 кг – для обдирання, шліфування, розпилювання та інших видів обробки; 2,1 кг – для кування, гарячого штампування та термічної обробки (втрати від окалини), 14 кг – для травлення металу; 15,2 кг – за рахунок неповного збору відходів. Остаточними відходами вважаються такі, переробка яких нерентабельна через незначний вміст в них металів. Ці відходи переводяться в відвальні шлаки.

Шлами з відстійників очисних споруд та прокатних цехів містять велику кількість твердих матеріалів, концентрація яких складає від 20 до 300 г/л. Після знешкодження та сушіння шлами використовують як добавки до агломераційної Шихти або видаляють у відвали. Шлами термічних, ливарних та інших цехів містять токсичні сполуки свинцю, хрому, міді, цинку, а також ціаніди.

У невеликих кількостях промислові відходи можуть містити ртуть приладів та установок. Відходи виробництва, технологія переробки яких ще не

розроблена, складають і зберігають до появи нової (раціональної) технології переробки відходів.

11.3 Заходи зі зниження негативного впливу на довкілля

У машинобудуванні створенню необхідних параметрів повітряного середовища сприяє раціонально організована вентиляція. На ділянках із підвищеним пилоутворенням використовуються місцеві відсмоктуючі системи, вони також ефективні на ділянках із газовиділенням. Поліпшує склад повітряного середовища переведення плавильних печей на електронагрів (замість полум'яного).

Способи очищення викидів в атмосферу у машинобудівному комплексі від шкідливих речовин можна об'єднати в такі групи:

- очищення викидів від пилу та аерозолів шкідливих речовин;
- очищення викидів від газоподібних шкідливих речовин;

В машинобудівному комплексі із механічних методів очищення газових середовищ широко застосовується очищення газів у фільтрах, циклонах, пиловловлювачах інерційного типу та в електрофільтрах, для очищення газових середовищ від газоподібних забруднювальних речовин найчастіше застосовується абсорбція, хемосорбція та каталітичне очищення.

Очищення стічних вод від твердих часток в залежності від їх властивостей, концентрації та фракційного складу на машинобудівних заводах здійснюється методами проциджування, відстоювання, відділення твердих часток у полі дії відцентрових сил та фільтрування. Очищення стічних вод від мастильних продуктів залежно від їх складу та концентрації здійснюється на машинобудівних підприємствах відстоюванням, обробкою в гідроциклонах, флотацією та фільтруванням.

Виділення мастильних продуктів у полі дії відцентрових сил здійснюють у напірних гідроциклонах. Очищення стічних вод від масляних домішок флотацією полягає в інтенсифікації процесу спливання мастило-продуктів в процесі утворення агломератів із бульбашками повітря, яке подається у стічні води. Очищення стічних вод від домішок, які вміщують масло, фільтруванням – завершальний етап очищення.

Головним напрямком зменшення кількості твердих відходів треба вважати регенерацію відпрацьованих ливарних сумішей. Для смоляних сумішей найчастіше використовують пневматичну або термічну регенерацію. У пневматичній регенерації відпрацьовані суміші заздалегідь проходять через систему подрібнення з послідовно встановленими щоківими, секторними валковими дробарками, систему вібросита та електромагнітних сепараторів. Основним елементом термічної регенерації є установка для прокалювання суміші за 1073 К і наступного охолодження регенерату.

11.4 Нові екологічно безпечні технології

Одним із головних напрямків розвитку виробництва є широке впровадження маловідходних та безвідходних технологій виготовлення заготовок деталей машин, що дозволяє зменшити кількість відходів і відповідно зменшити навантаження на навколишнє середовище. Технологічна собівартість може бути суттєво знижена за рахунок впровадження точних заготовок. Такими заготовками є заготовки, що отримуються методами порошкової металургії та із композиційних матеріалів.

Можливості *порошкової металургії* для виготовлення деталей з різними властивостями практично необмежені. Цими методами можна створювати матеріали із композицій металів із різними неметалічними включеннями; отримувати матеріали заданої пористості; із заданими фізико-механічними властивостями. Виготовлені деталі можуть бути різними: антифрикційними, конструкційними, фільтруючими, електроконтактними, інструментальними, причому відходи у цій технології мінімальні.

Основними вихідними матеріалами деталей є порошки металів (залізні, мідні, нікелеві, кобальтові, молібденові, вольфрамові, титанові), порошки – сплави та др. Фізико-механічні властивості порошків визначаються основним матеріалом, домішками, природою газової фази, формою та розмірами частинок, густиною і мікротвердістю.

Застосування високоенергетичних методів формоутворення деталей дозволяє досягати густини біля 100 %, і, відповідно міцності, близької до міцності штамповок та виливок із цього ж матеріалу.

Формування виробів в більшості випадків виконується холодним пресуванням у закритих прес-формах, після чого виріб запікається і отримує задані властивості. Після запікання можна проводити додаткову обробку: просочення мастильними матеріалами, термообробку, калібрування, обробку різанням.

Високопористі матеріали застосовують як *фільтруючі елементи* для очищення газів і рідин. Так, пористі вироби із порошків бронзи, заліза, нікелю, титану застосовують в фільтрах для очищення повітря від пилу, водяного та мастильного туману, рідин, газів. Фільтри із титанової губки очищують агресивні водяні розчини кислот. Ці матеріали добре замінюють тканини, кераміку, скло, сітчасті фільтри.

Одним із найбільш перспективних напрямків створення матеріалів із високими експлуатаційними властивостями є формування *композиційних матеріалів з вуглецевими волокнами*, що мають різні фізико-механічні та фізико-хімічні властивості. Композиційні матеріали в порівнянні з металами та сплавами мають такі переваги: високі показники міцності, жорсткості та в'язкості; малу чутливість до зміни температури; теплових ударів, високу корозійну стійкість, малу чутливість до поверхневих дефектів, високі пластичні властивості; електро- та теплопровідність. Композити дають можливість виготовляти деталі машин без заготівельних процесів шляхом безвідходної технології із

значним зниженням маси за рахунок більш високої міцності та пружності матеріалів.

Завдання на самопідготовку

Закріпити отримані на лекції знання та підготувати доповіді на тему:

1. Вплив на довкілля автомобілебудування.
2. Вплив на довкілля гальванічних дільниць машинобудівних підприємств.
3. Вплив на довкілля точного машинобудування.
4. Методи очищення викидів від пилу та аерозолів шкідливих речовин.
5. Особливості впливу на здоров'я людини викидів основних забруднюючих речовин машинобудівними підприємствами.
6. Перспективи застосування в машинобудуванні матеріалів з вуглецевими волокнами.

Питання для самоконтролю

1. Дайте загальну характеристику машинобудівного комплексу.
2. З яких цехів і служб складається середньостатистичний машинобудівний завод?
3. Дайте перелік основних галузей машинобудування.
4. Охарактеризуйте малу металургію і виробництва які включає.
5. З якою метою на машинобудівних підприємствах здійснюють металообробку? Які основні види металообробки Вам відомі?
6. Наведіть основні хімічні речовини, які викидаються у атмосферне повітря різними виробництвами машинобудівних підприємств. Які заходи попередження негативного впливу на атмосферу застосовуються?
7. Охарактеризуйте вплив машинобудівних підприємств на гідросферу. Які заходи попередження цього впливу Вам відомі?
8. Наведіть основні хімічні речовини, які викидаються у атмосферне повітря різними виробництвами машинобудівних підприємств. Які заходи попередження негативного впливу на атмосферу застосовуються?
9. Яким чином машинобудівні підприємства забруднюють ґрунти? Чи доцільно на таких підприємствах організовувати утилізацію відходів?
10. Які нові екологічно безпечні технології в машинобудуванні Вам відомі?

ЛЕКЦІЯ 12. ЛІСОПРОМИСЛОВИЙ КОМПЛЕКС, ЙОГО ВПЛИВ НА ДОВКІЛЛЯ

План

- 12.1. Загальна характеристика лісопромислового комплексу.
- 12.2. Використовувані ресурси.
- 12.3. Вплив на довкілля.
- 12.4. Заходи зі зниження рівня негативного впливу на довкілля та його попередження. Нові екологічно безпечні технології.

Завдання на самопідготовку

12.1 Загальна характеристика лісопромислового комплексу

Підприємства лісопромислового комплексу охоплюють усі виробничі процеси від вирощування лісу до кінцевої переробки деревини та її відходів. Лісообробна промисловість поєднує усі види обробки та переробки деревини: механічну, хімічну, біологічну, гідротермічну.

Лісопромисловий комплекс складають такі основні галузі: лісове господарство, лісова промисловість, деревообробна промисловість, целюлозно-паперова промисловість, лісохімічна промисловість, промисловість виготовлення засобів виробництва для лісопромислового комплексу (машин, обладнання, хімічних речовин, електроенергії тощо).

Лісове господарство займається забезпеченням безперервного відтворення лісу в усіх природних зонах України, збереженням біологічного різноманіття лісових екосистем, підвищенням стійкості лісових екосистем до негативних факторів навколишнього середовища, підвищенням рентабельності лісу тощо.

Лісова промисловість. Основним продуктом є *деревина* (деревиною називають звільнену від крони та коріння частину стовбура), яка отримується в процесі лісопозаву, трелювання, вивезення з лісосік, складування на нижніх складах і вивезення на пункти подальшої переробки. Основну масу деревини (~95 %) складають високомолекулярні органічні сполуки: целюлоза; геміцелюлоза; лігнін, а значно меншу – екстрактивні речовини, які є різноманітними низькомолекулярними органічними сполуками.

Деревообробна промисловість. Підприємства промисловості дають більшу частину товарної продукції комплексу і переважно сконцентровані в районах заготівлі лісу та споживання готової продукції. Вона включає в себе меблеву, фанерну, сірникову, тарну промисловість, а також виробництво дерев'яних будівельних конструкцій.

Целюлозно-паперова промисловість. Розміщення підприємств орієнтується на електроенергію, воду та використовує переважно імпортовану сировину. Під час виробництва целюлози використовують сірчану кислоту, а для відбілювання паперу – білу глину (каолін). Головною формою організації виробництва цієї промисловості є целюлозно-паперові комбінати, які на одному підприємстві поєднують кілька стадій переробки сировини: виробництво целюлози, різних сортів паперу, картону, шпалер, паперової тари тощо.

Лісохімічна промисловість. Підприємства промисловості здійснюють виробництво скипидару, фарбників, оліфи, каніфолі, оцтової кислоти тощо, орієнтуються на відходи попередніх галузей лісової промисловості.

Складові підгалузі целюлозно – паперової промисловості

Целюлозно-паперова промисловість поєднує виробництва, що випускають целюлозу, папір, картон. Особливість цих виробництв – здрібнювання деревини до розміру волокна і виготовлення з волокна необхідної продукції. Основні хімічні компоненти деревини (целюлоза, геміцелюлоза, лігнін) є високомолекулярними сполуками, які з'єднані між собою не лише міжмолекулярними, але і деякими хімічними зв'язками. Тому звичайними способами розділення органічних речовин і відокремлення їх неможливе. Цього можна досягти лише внаслідок певних хімічних реакцій, які дозволяють перевести один чи декілька компонентів у водорозчинний стан.

Целюлозне виробництво

Основна сировина виробництва – спеціально підготовлена (балансова) деревина та відходи лісозаготівель, лісопиляння, деревообробки.

Головні складові частини деревини: целюлоза – 40-50 %; лігнін – 20-30 % (аморфна речовина, органічний полімер, що складається з різних ароматичних спиртів, що міститься в клітинних оболонках рослин, викликає їх одеревеніння); геміцелюлози – 17-33 % (полісахариди, що мають розгалужені ланцюги та ступінь полімеризації меншу, ніж у полісахаридів).

Волокна целюлози в деревині зв'язані між собою лігніном. Для видалення лігніну і звільнення від нього целюлози проводять варіння деревини в присутності реагентів, що руйнують або розчиняють нецелюлозні компоненти.

У результаті процесів варіння одержують технічні целюлози, які залежно від умов варіння та призначення, містять ще певну кількість лігніну, геміцелюлоз та екстрактивних речовин. Технічні целюлози використовують для виробництва картону, паперових мішків, обгорткового паперу тощо. Небілену целюлозу переважно піддають додатковому очищенню від нецелюлозних компонентів, у першу чергу від лігніну, процес складається з двох операцій – відбілювання та облагородження целюлози.

Відбілювання здійснюється у декілька етапів послідовною дією на дисперговану у воді целюлозну масу різних окисників: газоподібного хлору; хлорної води; гіпохлоритів; оксидів хлору; пероксиду водню; кисню у лужному середовищі. Відбілену целюлозу використовують для виробництва друкарського паперу, паперу для зошитів тощо.

Облагородження відбіленої целюлози здійснюють обробкою її розчином гідроксиду натрію – 0,5-2 % розчином за температури 95-135 °С або 4-10 % розчином за температури 15-25 °С. Облагороджена целюлоза використовується для одержання хімічних волокон, плівок, лаків, пластичних мас, бездимного порошку тощо.

Після очищення целюлози біля 50 % маси хімічних компонентів деревини стають водорозчинними і переходять у варильні розчини. Для достатньо повного їх видалення на відмивання целюлози витрачається значна кількість

води. Наприклад, на виробництво 1 т відбіленої целюлози – 200-300 м³, а на 1 т облагородженої целюлози – 285-500 м³.

Стічні води містять значну кількість різних органічних речовин – від 100 до 500 кг для виробництва 1 т целюлози (залежно від способу варіння та очищення целюлози), тому їх очищення вимагає значних капіталовкладень, які складають 15-40 % від вартості виробництва.

Виробництво паперу

Папір – це матеріал, що складається з розмелених рослинних волокон, безладно переплетених і зв'язаних між собою силами поверхневого зчеплення. Основною сировиною для виробництва паперу є целюлоза. Для виробництва паперу кращою є деревина хвойних порід. Утворення міцного, рівномірного за товщиною паперового полотна досягається розмелом волокон довжиною до 0,5-2,5 мм, причому відношення товщини до довжини волокна повинно бути 1:300. Випускають папір більше ніж 200 видів.

Після розмелу та змішування з водою волокниста маса целюлози, що містить лише 0,5 % сухої речовини, подається на папероробну машину. Маса розміщується шаром на рухомій сітці, на якій збезводнюється за допомогою вакуум – відсмоктувачів. Після цього вологе паперове полотно переноситься із сітки на сукняну рухому смугу, на якій відбувається подальше зневоднення та сушіння. Кінцева вологість паперу складає 5-6 %. Після цього папір піддається поліруванню (лощінню). Таким шляхом роблять односторонньо **лощений папір**. За необхідності лошіння здійснюють і з другої сторони. Лощений папір фахівці також називають папером машинної гладкості.

Необлагороджений папір складається з ущільнених волокон целюлози, що утворюють систему капілярів. Крім того, волокна целюлози мають властивість адсорбувати вологу (властивість гідрофільності). Завдяки капілярності та гідрофільності такий папір непридатний ні для писання чорнилами, ні для писання тушшю. Друкований текст на ньому також розпливається. Однак існують досить великі потреби і в такому папері, наприклад, з нього виготовляють паперові рушники, дитячі простирадла, туалетні рулони.

До процесів облагороджування відноситься проклеювання та введення в папір наповнювачів. Для цієї мети використовують різні природні та синтетичні клеї. Найбільш давні природні клеї – крохмаль та тваринні клеї. В процесі проклейки порожнечі та проміжки між волокнами заповнюються клейовою масою і папір значною мірою втрачає здатність всмоктувати воду. Крім проклеювання в поверхневий шар паперу вводять мінеральні пігменти для додання поверхні гладкості та кращих вбираючих друковану фарбу властивостей. Мінеральні пігменти дозволяють ховати або змінювати колір паперу і додавати йому непрозорість. Такий папір називають крейдованим. Іноді мінеральні речовини складають від 70 до 90 % маси поверхневого шару.

Для забезпечення міцності з'єднання часток пігментів з папером використовують спеціальні добавки. Часто їхню роль виконують речовини, що забезпечують проклейку паперу. Як мінеральні пігменти широко використовують **каолін** – масу, близьку по складу до глин, що має знижену пластичність

та підвищену білизну. Одним з найдавніших наповнювачів є карбонат кальцію (крейда), тому такі папери назвали *крейдованими*. До відомих пігментів також відносяться діоксид титану TiO_2 і суміш гідроксиду кальцію $Ca(OH)_2$ і сульфату алюмінію $Al_2(SO_4)_3$.

Для виробництва картографічних, афішних, декоративних, обгорткових та етикетних паперів застосовують люмінесцентні пігменти (сульфіди цинку ZnS і кадмію CdS , сульфід кальцію CaS і стронцію SrS). *Катування паперу* – нанесення полімерної плівки або алюмінієвої фольги. Катовані папери широко використовують як пакувальний матеріал для харчових, косметичних та фармацевтичних товарів. В даний час до складу тканин часто вводять штучні волокна.

Усе більш важливе значення як сировина паперового виробництва здобуває *макулатура* – відходи, які отримують в процесі переробки паперу та картону, різні види використаного паперу та паперових виробів. З макулатури виготовляють пакувальний папір і внутрішні шари багатошарового картону. Переробка макулатури зводиться до механічних операцій: макулатура у воді за високої температури розбивається (розпускається) до необхідного ступеня подрібнення і маса направляється на виготовлення картону. 1 т макулатури дозволяє заощадити 3,0-4,5 м³ деревини або 15 дорослих дерев.

Продукт масою до 250 г/м² називається папером, вище – картоном.

12.2 Використовувані ресурси

Ліс. Лісові екосистеми займають майже третину території суші Землі і дають половину первинної продукції її біосфери. Роль лісу визначається не тільки величезним економічним потенціалом, а й соціальним та ще більшою мірою екологічним значенням. Україна належить до лісодефіцитних держав. Порівняно з багатьма країнами світу ми маємо досить низький рівень забезпеченості господарства та населення лісом.

Незважаючи на заміну деревини новими недеревними виробами (пластмасами), роль лісів у житті людського суспільства і потреба у лісоматеріалах безупинно зростають. Ліс, як джерело деревини, широко використовується в усіх галузях народного господарства і у побуті. Чим інтенсивніше розвиваються наука і техніка, тим ширше використовують у господарстві деревину та її похідні. З неї виробляють більше 20 тисяч різних матеріалів та сполук. Лише близько 500 виробів отримують у результаті механічної обробки, а більшу частину – після хімічної переробки деревини. В останні роки, у зв'язку зі зменшенням запасів нафти та газу і збільшенням на них цін, значно підвищилась зацікавленість до використання деревини як сировини для виробництва різноманітної хімічної продукції.

Споживання деревини у світі за останні 30 років збільшилось у два рази і становить у теперішній час 4,5 млрд м³. Велике господарське значення деревини зумовлене її цінними фізичними властивостями, а саме: простотою обробки, міцністю та малою густиною. У вік значної індустріалізації, урбаніза-

ції та техногенної кризи ліси набувають особливого значення як соціальний, рекреаційний, захисний та глобально-екологічний чинник.

Складові компоненти у виробництві паперу

Деревна маса – відносно дешевий і дуже розповсюджений волокнистий напівфабрикат, що входить в композицію багатьох видів паперу та картону. Її використання дозволяє не тільки знизити вартість продукції, але і поліпшити її друкарські властивості, підвищити непрозорість та гладкість. Істотна перевага деревної маси полягає в тому, що в процесі її виробництва повніше використовується рослинна сировина. У теперішній час виробляються такі види деревної маси: біла, бура, хімічна, термомеханічна та хіміко-термохімічна.

Напівцелюлоза різноманітних видів – волокнистий напівфабрикат, що відрізняється від клітковини відповідних способів одержання тим, що варіння ведеться не до стану вільного поділу волокон, а лише до набухання лігніну та часткового його розчинення. Широко застосовується для виробництва тарного та інших видів картону, деревоволокнистих плит, паперу для гофру та ін.

Макулатура – це вторинна сировина, тобто вживані папір та картон, а також промислові відходи від їх переробки. Вона є повноцінним заміником свіжих волокнистих напівфабрикатів у виробництві багатьох видів картону та паперу. Використання макулатури має величезне народногосподарське значення, оскільки підприємства переробки макулатури в 2-3 рази менше забруднюють довкілля, ніж підприємства виробництва напівфабрикатів з рослинної сировини. Використання макулатури дозволяє економити 3,0-4,5 м³ деревини або близько 15 дорослих дерев на одну тонну паперу.

Ганчірна напівмаса – напівфабрикат із вторинної сировини: старого ганчір'я різноманітного походження, обрізків зі швейних фабрик, мотузково-канатних та сітко-снастьових виробів та волокнуватих відходів від їхнього виробництва. Вона виготовляється хімічною обробкою лугом попередньо відсортованого та подрібненого ганчір'я з наступним відбілюванням, промиванням та розмелом до поділу на окремі волокна.

Синтетичні та інші волокна використовуються для виробництва спеціальних видів паперу, що мають певні специфічні властивості в залежності від виду волокна і композиційного складу паперу. Однак застосування синтетичних, штучних, мінеральних та інших волокон, що не піддаються фібрилюванню в процесі розмелу і не утворюють міцного міжволоконного зв'язку (як у целюлозних волокон) вимагає використання спеціальних хімічних добавок та модифікації традиційних технологічних режимів виготовлення паперу.

12.3 Вплив на довкілля

Забруднення атмосфери. До основних джерел забруднення атмосферного повітря на деревообробних підприємствах відносяться: опоряджувальні, клеїльно-личкувальні, фанерні та сушильні цехи, а також цехи механічної обробки деревини з виробництва деревостружкових плит (ДСП), дерево – воло-

книстих плит (ДВП), деревошаруватих пластиків (ДШП), клеєної фанери, деревної муки, котельні, автотранспортні засоби тощо (табл. 11.1).

Таблиця 11.1 – Джерела забруднення атмосфери

Джерела забруднення	Основні забруднюючі речовини
Деревообробні	Деревний пил, оксид вуглецю, вуглеводні,
Меблеве виробництво	Формальдегід, пара розчинників і розріджувачів, оксид азоту, анілін, азот, уайт-спірит, скипидар, аміак, деревний та лакофарбовий пил
Виробництво ДСП, ДВП, клеєної фанери, ламінованих плит,	Формальдегід, фенол, аміак, окис вуглецю, анілін, ціанистий калій, деревний і лакофарбовий пил, сірководень та ін.
Виробництво деревного борошна	Деревний пил, оксид вуглецю та ін.
Паросилове господарство (котельні), ремонтно-механічні цехи.	Оксид вуглецю, оксид азоту, сірчаний ангідрит, зола, сажа, аерозоль свинцю, пари паливно-мастильних матеріалів, абразивний і металевий

Забруднення гідросфери. У табл. 12.2 наведені джерела та види шкідливих речовин, що забруднюють стічні води деревообробних підприємств.

Основним джерелом забруднення стічних вод деревообробних підприємств є цехи з виробництва деревоволокнистих плит мокрим способом.

Суміші шкідливих речовин у вигляді відходів синтетичних смол, клеїв, лаків, розчинників, розріджувачів, паливно-мастильних матеріалів часто зливаються у водоканалізаційні мережі або у задалегідь викопані ями, звідки потрапляють у водоймища, забруднюючи води та ґрунти.

Таблиця 12.2 – Основні види шкідливих речовин, що забруднюють стічні води деревообробних підприємств

Джерела забруднення	Основні шкідливі речовини
Деревообробні підприємства	Аміак, вуглекислота, карболові кислоти (оцтова, мурашина, протейнова), деревні відходи
Меблеве виробництво	Формальдегід, аміак, анілін, розчинники і розріджувачі, відходи лакофарбових матеріалів, синтетичних смол, клеїв, деревні відходи та ін.
Виробництво ДВП	Колоїдні розчини (целюлоза, геміцелюлоза, лігнін), фурфурол, спирти, альдегіди, барвники, дубильні речовини, сульфат амонію, парафін, деревні волокна та ін.
Виробництво ДСП, клеєної фанери, ламінованих плит, шаруватих пластиків	Формальдегід, фенол, ацетон, оцтова і мурашина кислоти, відходи бакелітових смол, деревні відходи
Паросилове, ремонтно-механічне та автотранспортне господарство	Сполуки свинцю, бензин, дизельне, пальне, мастила, мазут, мийні засоби, сірчана кислота

Забруднення літосфери. У результаті діяльності підприємств лісопильно-деревообробної промисловості непоправної шкоди зазнають ґрунти. Це насамперед, забруднення ґрунтів шкідливими речовинами та відходами меблевих підприємств (розчинники, розріджувачі, синтетичні смоли), підприємств з виробництва клеєної фанери, ДСП (формальдегід, фенол, кислоти), ДВП (альдегіди, сірчана кислота, фурфурол та ін.), паливно-мастильними матеріалами, мінеральними добривами та отрутохімікатами, що використовуються підприємствами лісового господарства.

Ґрунти забруднюються також відпрацьованими газами автотракторної техніки, мастилами та паливом, що часто виливаються під час виконання робіт. Негативно впливає на якість ґрунту надмірне його ущільнення колесами важкої техніки – тракторів, лісовозів тощо.

Значних збитків зазнає лісове господарство внаслідок ерозії ґрунтів. Основною причиною ерозії є вирубування лісів на схилах, знищення трав'яного та чагарникового покриву автотракторною технікою.

Тверді відходи лісопильно-деревопереробного виробництва. Процес обробки та переробки деревини у всіх виробництвах зв'язаний з одержанням великої кількості відходів. Починаючи з першої стадії – рубання лісу та вивозу тонкомірної деревини, і закінчуючи останньою стадією – обробкою деревини, процес супроводжується відходом частини деревини, що не використовується у подальшому виробництві. Об'єм відходів не тільки порівнюється з об'ємом виробленої, продукції, але часто і перевершує його. Так, в процесі рубання і вивезення деревини з лісу близько 20 % деревної сировини складають відходи у вигляді гілок, пнів, коренів, а з вивезеної – близько 20 % складає неділова деревина (дрова). У лісопильному виробництві кількість відходів складає 35-42 %, в меблевих – 53-65 % від пиломатеріалів, що надійшли. В технології виготовлення фанери відходи складають 52-54 %, струганого шпону – 30-45 %.

Енергетичне забруднення довкілля

Підприємства є потужними джерелами енергетичного забруднення довкілля. До енергетичних забруднень довкілля відносять шум, вібрацію, електромагнітні та іонізуючі випромінювання.

Основними джерелами шумового забруднення довкілля на деревообробних та лісозаготівельних підприємствах є: деревообробне обладнання, вентиляторні та компресорні установки, автотранспортні засоби, трактори і бульдозери та ін.

На деревообробних підприємствах широко застосовують обладнання ударної дії (лісопилні рами), потужні енергетичні установки (насоси, компресори, двигуни), залізничний транспорт, які є потужними джерелами вібрації. У всіх випадках вібрація поширюється ґрунтом і досягає фундаментів житлових та громадських будівель, часто призводить до звукових коливань.

Целюлозно-паперова промисловість

Целюлозно-паперова промисловість є однією із найбільш водоемних галузей народного господарства. Тому найбільший вплив підприємства це-

люлозно-паперової промисловості здійснюють на стан поверхневих вод. Щорічне споживання свіжої води в галузі складає біля 2 млрд м³, біля 4,5 – 4,7 % загального водокористування.

Головним джерелом утворення забруднених стічних вод є виробництво целюлози, яке базується на сульфатному та сульфітному способах виварювання деревини та відбілюванні напівфабрикату з використанням хлорпродуктів. Забруднені стічні води підприємств галузі характеризуються наявністю в них таких шкідливих речовин, як сульфати, хлориди, нафтопродукти, феноли, формальдегіди, метанол, фурфурол, диметилсульфід, диметилдисульфід. Основна причина негативного впливу на навколишнє середовище підприємств галузі використання старих технологій та обладнання.

Стоки можуть мати кислу, нейтральну або лужну реакцію, що в будь-якому випадку пов'язано зі зміною природного рН водоймищ.

У процесі виробництва целюлози сульфатним способом утворюються конденсати варіння целюлози та випарки лугів, дуже токсичні із стійким неприємним запахом. Основну їхню частину складає підскипидарна вода, що містить скипидар, метанол, етанол, ацетон, сірководень, метилмеркаптан, диметилсульфід, диметилдісульфід.

До складу пилу димових газів цеху регенерації лугів входять (%): Na₂CO₃ – 85, Na₂SO₄ – 12, Na₂S – 2.

У варильному цеху в атмосферу викидаються гази, що містять SO₂. Обсяги викидів – 30 м³/т целюлози. У кислотному цеху здійснюються викиди, що містять SO₂ і аерозоль H₂SO₄ (об'єм – 300-400 м³/т целюлози).

12.4 Заходи зі зниження рівня негативного впливу на довкілля та його попередження, нові екологічно безпечні технології

Для охорони повітряного басейну від забруднення газовими викидами необхідне встановлення сучасного газоочисного обладнання, попередження забруднення гідросфери здійснюється шляхом встановлення ефективних установок очищення стоків.

Основними напрямками ресурсозбереження в лісовій промисловості є раціональне використання деревини, а також розширення використання та переробки відходів деревини як заміника ділової деревини. Це дозволяє досягнути значного екологічного ефекту, який полягає в скороченні вирубаних лісових площ, збереженні природного середовища тощо.

Перспективним напрямком використання твердих відходів лісопильно-деревопереробного виробництва є *переробка їх на технологічну тирску* для целюлозно-паперової промисловості, виробництва деревних плит та гідролізу. Другим перспективним напрямком є виготовлення клеєної пилопродукції.

Дрібні кускові відходи у всіх випадках доцільно *переробляти на технологічну тирсу*. Стружка широко використовується як пакувальний матеріал, під час виробництва деревостружкових плит, в гідролізному виробництві, виробництві деревної муки та як паливо. Перспективним є використання тирси

та стружки у виробництві будівельних матеріалів (арболітів, ксилолітів, деревобетонів). Деревну кору та тирсу після відповідної обробки, можна ефективно використовувати як комплексні добрива в сільському та лісовому господарстві.

Всі види відходів лісопильно-деревообробного виробництва можна використовувати для хімічної переробки (для гідролізу, сухої перегонки, газифікації).

Використання відходів деревини у виробництві біопалива. Біомаса є четвертим за значенням паливом в світі і замінює сьогодні 1250 млн т умовного палива. Вона становить приблизно 15 % первинних енергоносіїв у світі.

Під час розкладу на основні енергетичні елементи, які знаходяться в деревині, утворюється приблизно 50 % вуглецю, 6 % водню та 44 % кисню. Теплоємна здатність деревини становить 14-17 МДж/кг.

Щорічний обсяг заготівлі деревини в Україні – 10308,7 тис. м³, з них 7300 тис. м³ (4391,5 тис. т) не використовують. Зараз незначна частина їх використовується як паливо для обігріву виробничих та житлових будівель, а основна частина в кращому випадку вивозиться на звалища, а в гіршому – висипається біля підприємства. Це призводить до несанкціонованих звалищ, які у вітряну погоду забруднюють атмосферу.

Єдиний шлях для повної утилізації утворених відходів є використання невикористаної їх частини як палива. Одним із перспективних шляхів є процес гранулювання.

Використання відходів целюлозного виробництва у гідролізному виробництві. Гідролізна промисловість займається мікробіологічною переробкою деревини. Основна її продукція – етиловий спирт, необхідний для виробництва синтетичного каучуку, кормові дріжджі, фурфурол, тверда вуглекислота (сухий лід) та інше.

З розчинів моносахаридів, отриманих у результаті гідролізу деревини чи виробництва целюлози, одержують сорбіт, ксиліт, спирти (одно- і багатоатомні), білки і вітаміни.

Використання відходів целюлозної промисловості у виробництві дріжджів та антибіотиків. З відходів спиртового виробництва одержують дріжджі та антибіотики ферментативним синтезом з використанням мікроорганізмів. Мікроорганізми, що розмножуються, переробляють розчинені органічні речовини. Накопичується 60-70 % дріжджової (білкової) маси від кількості речовин, що переробляються. Отримані дріжджі містять до 50 % засвоєного білка, вітаміни і всі життєво необхідні амінокислоти. Вміст вітамінів можна підвищувати підбором штамів мікроорганізмів та зміною умов їхнього вирощування (наприклад, опромінення дріжджів УФ-промінням приводить до збагачення їх вітаміном D).

Найбільш забрудненим потоком стічних вод гідролізної промисловості є післядріжджова бражка, вона містить 85-95 % усіх забруднюючих речовин. До складу атмосферних викидів гідролізної промисловості входять: фурфу-

рол, метанол, органічні та мінеральні кислоти, аміак, деревний та дріжджовий пил, лігнін.

Використання відходів целюлозного виробництва у лісохімічній промисловості. Лісохімічна промисловість поєднує виробництва, що займаються хімічною переробкою деревини, випускає більше 80 видів продукції, у тому числі деревне вугілля, фенольні продукти, каніфоль, скипидар, ацетон, оцтову кислоту, формалін.

Піроліз деревини – нагрівання деревини до 400-500°C без доступу повітря в печах безупинної чи періодичної дії. Вихід продукції: 32-38 % деревного активного вугілля, 14-15 % газоподібного палива, 16-20 % смоли (феноли, розчинники, скипидар, олії), 3-7% оцтової кислоти, 1-2 % метилового спирту, до 1 % ацетону.

Завдання на самопідготовку

Закріпити отримані на лекції знання та підготувати доповіді на тему:

1. Лісове господарство України.
2. Технології варіння целюлози, вплив на довкілля.
3. Основні хімічні способи одержання паперу, вплив на довкілля.
4. Глобальна проблема знелісення. Нераціональна вирубка лісів.

Питання для самоконтролю

1. Дайте загальну характеристику лісопромислового комплексу.
2. Опишіть основні галузі лісопромислового комплексу.
3. Охарактеризуйте целюлозне виробництво.
4. Опишіть технологію виробництва паперу.
5. Які ресурси використовуються у лісопромисловому комплексі?
6. Якими речовинами забруднюють атмосферу деревообробні підприємства?
7. Охарактеризуйте джерела та види шкідливих речовин, що забруднюють стічні води деревообробних підприємств.
8. Яким чином діяльність підприємств лісопильно-деревообробної промисловості завдає шкоди ґрунтам?
9. Чому підприємства лісопромислового комплексу вважаються потужними джерелами енергетичного забруднення?
10. Визначте вплив на довкілля целюлозно-паперової промисловості.
11. Опишіть заходи зі зниження рівня негативного впливу лісопромислового комплексу на довкілля та його попередження.
12. Які нові екологічно безпечні технології в лісопромисловому комплексі Вам відомі?

РОЗДІЛ 3. АГРОПРОМИСЛОВИЙ КОМПЛЕКС, ТРАНСПОРТ ТА ЖИТЛОВО-КОМУНАЛЬНЕ ГОСПОДАРСТВО. ВПЛИВ НА ДОВКІЛЛЯ

ЛЕКЦІЯ 13. АГРОПРОМИСЛОВИЙ КОМПЛЕКС, ЙОГО РЕСУРСИ

План

13.1. Загальна характеристика аграрно-промислового комплексу.

13.2. Використовувані ресурси.

Завдання на самопідготовку

13.1 Загальна характеристика аграрно-промислового комплексу

Агропромисловий комплекс (АПК) – це складова частина національного господарства, що об'єднує ряд сільсько-господарських, промислових, науково-виробничих, навчальних та інших підприємств. Діяльність АПК спрямована на одержання, транспортування, зберігання, переробку та реалізацію сільськогосподарської продукції.

До складу АПК входять три взаємопов'язані ланки:

- галузі, що виготовляють засоби виробництва для АПК;
- сільське господарство (рослинництво і тваринництво);
- переробні галузі, які здійснюють збереження, переробку та реалізацію сільськогосподарської продукції.

У зв'язку з багатими земельними ресурсами та сприятливими агрокліматичними умовами сільське господарство є однією з провідних галузей матеріального виробництва України. Це одна з найстаріших галузей виробництва – в ній зайнято майже 22 % працюючого населення України. Сільське господарство включає дві взаємопов'язані галузі:

1. *Рослинництво* (землеробство) – займається вирощуванням сільськогосподарських культур.

2. *Тваринництво* – вирощування свійських тварин для одержання продуктів харчування та сировини для харчової та легкої промисловості.

За умов будь-якої форми власності можна говорити про два шляхи розвитку сільськогосподарського виробництва: *екстенсивний* та *інтенсивний*. Для *екстенсивного виробництва* характерне кількісне збільшення продукції за незмінної (часто низької) якості за рахунок розширення посівних площ та залучення додаткових трудових ресурсів. *Інтенсивне* ведення сільського господарства дозволяє за умов сталої кількості трудових ресурсів та площ угідь підвищувати як кількість, так і якість продукції. Сприяти цьому повинні значні капіталовкладення у механізацію, електрифікацію та хімізацію сільського господарства, широке залучення досягнень науки, що дозволить створювати нові, більш урожайні сорти рослин та вирощувати нові, більш продуктивні породи тварин. Однією з умов виходу сільського господарства України з кризи є його переведення на інтенсивний шлях розвитку.

Рослинництво включає в себе такі галузі, як *рільництво* (вирощування переважно однорічних культур); *садівництво* та *виноградарство*, де культи-

вують багаторічні рослини. У рільництві вирощують зернові, технічні, бульбоплідні, овоче-баштанні та кормові культури.

До основних технологічних процесів у рослинництві відносяться; обробіток ґрунту, удобрення сільгоспкультур, боротьба з бур'янами, меліорація, осушення, збір врожаю.

Обробіток ґрунту здійснюють робочими органами ґрунтообробних машин та відповідних знарядь для забезпечення оптимальних умов для вирощування сільгоспкультур. Сюди відносять такі процеси: розпушування ґрунту, технологічне ущільнення ґрунту, створення грядів.

Існує два способи **внесення добрив**: поверхневий та місцевий. Внесення добрив поділяють на основне (допосівне), припосівне та післяпосівне (підживлення). Підвищені дози добрив, порушення технології їх внесення негативно впливають на навколишнє середовище.

Бур'яни сприяють посиленому розмноженню багатьох шкідників та розвитку хвороб і знижують врожайність сільськогосподарських культур на 45-66 %. Основними **методами боротьби з бур'янами**, шкідниками та хворобами є застосування відповідних режимів обробки ґрунту та застосування пестицидів (гербіцидів, фунгіцидів та акарофунгіцидів).

Хімічна меліорація ґрунту. Вапнування – прийом докорінного покращення кислих ґрунтів у результаті збагачення кальцієм. Вапнування потребують рілля, сінокоси та пасовища підзолистих і червоноземних ґрунтів. Його проводять один раз в 5 років. **Гіпсування (внесення гіпсу)** – використовують для солонцюватих ґрунтів, які характеризуються великою кількістю натрію та лужною реакцією ґрунтового розчину.

Гідромеліорація. Застосовують три основних способи зрошення: поверхневий, дощування, підґрунтовий.

Осушення. Якщо вода займає більшу частину пор ґрунту і вміст повітря складає менше 20 % від їх об'єму, то в ґрунті створюються анаеробні умови, що знижують його родючість. Для відведення надлишку поверхневих та атмосферних вод, які надходять з водозбору, застосовують відкриту осушувальну систему. Вона складається з каналів та водоприймача. Вода в дренах надходить крізь стінки, які мають водоприймальний отвір, захищений фільтром. Дрени закладають на глибину 1-1,1 м.

Тваринництво України включає кілька галузей виробництва. Найбільш важливими серед них є *скотарство, свинарство, птахівництво, вівчарство*. Структуру, розміщення та спеціалізацію тваринництва визначає кормова база. Головними джерелами відгодівлі свійських тварин є кормові рослини (конюшина, люпин, люцерна, кукурудза на силос, кормові буряки, соя), зернофуражні культури, природні угіддя (луки та пасовища). У приміських зонах відгодівля тварин здійснюється на основі відходів харчової промисловості (сироватка, жом тощо) та продовольчих відходів міст.

Рибне господарство України представлене ставковим та річковим рибництвом (тобто розведенням і виловом промислово цінних видів риб: коропа, ляща, форелі) та рибальством.

Певну роль у тваринництві відіграють *бджільництво, шовківництво, кролівництво, хутрове звірівництво, конярство*.

Технологія у тваринництві передбачає сукупність процесів та операцій розмноження та утримання тварин, спрямованих на одержання якомога більшої кількості дешевої та доброякісної продукції.

Відхід життєдіяльності тварин – гній після компостування стає перегноєм, комплексним органічним добривом, яке включає практично всі поживні елементи, необхідні для росту рослин – азот, фосфор, калій, кальцій, магній, сірку, а також мікроелементи – марганець, мідь, бор, залізо, молібден, кобальт та інші. Окрім того, перегній позитивно впливає на фізичні та біологічні властивості ґрунту. Внесення перегною – це надійний спосіб збагачення ґрунту органічною речовиною, яка, перетворюючись у гумус, збільшує ґрунтовий вбираючий комплекс та посилює буферні властивості ґрунту.

Харчова промисловість об'єднує близько 40 галузей, які виробляють продукти харчування, а також мило, тютюнові вироби. Основними галузями, що використовують продукцію рослинництва в Україні, є *цукрова, олійна, плодоовочева, борошномельна*. Тваринницьку сировину переробляють *м'ясна та молочна галузі* промисловості. Важливе значення має *рибна* промисловість. Виробничі особливості харчової промисловості зумовлюють те, що визначальну роль для розміщення підприємств галузі має сировина та споживач.

Легка промисловість. Виробничий потенціал легкої промисловості на Україні налічує 483 виробничих підприємств. Найбільшою підгалуззю у легкій промисловості є текстильна.

Текстильна промисловість. Промисловість виробляє різні види тканин. Залежно від сировини, яка використовується для цього, виділяють такі галузі: *бавовняна, вовняна, шовкова, лляна, конопляно-джутова, трикотажна*. Основною формою організації виробництва галузей текстильної промисловості є комбінування. Текстильні комбінати поєднують такі стадії виробництва: прядіння (виробництво ниток), ткацтво (виготовлення тканин), фарбування та оздоблення тканин. Більша частина підприємств усіх галузей текстильної промисловості сконцентрована у Києві, Харкові, Одесі та Львові.

Швейна промисловість. Підприємства промисловості присутні майже в усіх обласних центрах України, її продукцією є готовий одяг.

Шкіряна та взуттєва промисловості. Підприємства промисловості займаються обробкою натуральних шкір, виробляють штучні замінники шкіри, а також шиють з них різноманітні вироби (одяг, взуття, рукавички, сумки, тощо). Основні підприємства розташовані у Києві, Луганську, Одесі, Львові, Миколаєві, Запоріжжі.

Хутрова промисловість. Найвідоміші хутрові фабрики працюють в Івано-Франківську та Харкові, вони виготовлять вироби з натурального та штучного хутра.

Галантерейна промисловість. Вона виробляє велику кількість побутових аксесуарів: гудзики, голки, парасольки, в'язальні спиці, тощо.

13.2 Використовувані ресурси

Сільське господарство використовує такі природні ресурси: ґрунти, вода, сонячна енергія, повітря (атмосфера).

Окрім того значним є використання ресурсів – продуктів антропогенної діяльності, до найбільш значних слід віднести: мінеральні добрива, пестициди, енергоносії (нафтопродукти).

Основою агропромислового виробництва є земельні ресурси. Господарське освоєння території здійснено на 92 % території України. Сільськогосподарське освоєння земель перевищує 70 % і є найвищим у світі. Розораність території України складає 57 %, пасовища та сіножаті займають майже 12 %; сади та виноградники – майже 2 %. Частка ріллі в загальній площі с/г-угідь складає 79 %.

Ґрунт є найбільш уразливою частиною агроєкосистеми. Оранка та інша механічна обробка змінюють його склад та структуру, мікробіологічні процеси, що протікають у ньому, рослинний та тваринний світ. Наприклад, тракторна оранка спричиняє ущільнення ґрунту колесами (гусеницями), роздавлювання колесами (гусеницями) організмів, перекидання ґрунту плугом, розрізування організмів плугом, вібраційний вплив на ґрунти, забруднення паливно-мастильними матеріалами, забруднення атмосфери відпрацьованими газами, шумовий вплив на навколишнє середовище. В результаті порушується сформований кругообіг речовин. Поточні втрати продуктивних ґрунтів у світі в даний час складають близько 6,6 млн га.

З продукцією рослинництва відбувається вилучення з ґрунту багатьох хімічних елементів, відбувається виснаження ґрунтів.

Вода. Землеробство переходить на зрошення вирощуваних культур. Сумарні витрати на зрошення залежать від площі земель, питомого водоспоживання, виду с/г-культур та кількості поворотних вод. Світовий водозабір на зрошення складає від 1700 до 2500 км³/рік. Характерними є величезні безповоротні втрати: від 20 до 60 % від водозабору.

Негативний вплив зрошення полягає у вимиванні солей зі зрошуваних земель, що приводить до підвищення мінералізації водойм, зміні їхнього хімічного складу (винос солей досягає десятків і сотень тонн з 1 га). На малих водозборах забір води на зрошення практично цілком йде на випаровування, що різко змінює стік малих рік. Можливе засолення ґрунтів, зв'язане з підйомом мінералізованих ґрунтових вод до критичної глибини порядку 2-3 м від поверхні землі через порушення водного балансу території фільтраційними водами зрошувальної мережі та зрошуваних полів.

Цей процес поширюється і на прилеглі незрошувані площі. Ґрунтові води, що містять розчинені солі, починають інтенсивно випаровуватися з поверхні, поступово створюючи в ґрунті надлишок солей. У результаті концентрація солей у ґрунті може виявитися в 50- 100 разів вищою, ніж у зрошувальній воді.

Використання **мінеральних добрив** дозволяє різко збільшити об'єми продукції за незмінних посівних площ. Так, раціональне використання 1 ц N-P-K-добрив забезпечує приріст врожаю зернових культур на 1,5-2, цукрового буряка – на 11-15, овочів – до 22, кормових культур – на 10 ц/га. До мінеральних добрив відносяться: азотні, нітратні, амонійно-нітратні, амідні, змішані; фосфорні (суперфосфат); калійні (хлоридні та сульфатні); комплексні (амофос, діамофос, калієва селітра, нітрофоска, нітроамофоска, нітрофос, сульфат марганцю, суперфосфат, бура, борна кислота, молібдат амонію, сульфат цинку, сульфат міді та ін.). На жаль, мінеральні добрива містять не лише елементи, необхідні для живлення рослин, а ще й різні домішки, серед яких є і важкі метали. До органічних добрив відносяться: гній (суміш твердих виділень тварин, сечі і підстилкової соломи); пташиний послід, сапропель (продукт відкладень озер і ставків), зелене добриво (бобові культури, рапс, віка, гірчиця); торф і торфокомпоста; біогумус; гноївка (зброджена сеча тварин), солома та ін.

Пестициди – це хімічні речовини із токсичними властивостями стосовно тих чи інших живих організмів: від бактерій і грибків до рослин та шкідливих теплокровних тварин. У середньому у світовій практиці витрата пестицидів складає 2-3 кг/га, але в реальності – від 2 до 12 кг/га і вище. У результаті хімічних та біологічних процесів, що протікають у ґрунті, вміст пестицидів у ґрунті зменшується, але їх залишкові кількості коливаються від сотих часток до десятків мкг на 1 кг ґрунту.

В даний час існує ~10000 різних пестицидів, що класифікуються відповідно до їхнього призначення на категорії (табл. 13.1).

Пестициди підрозділяють також залежно від шляху надходження в організм цільового об'єкта (препарати контактної, кишкової і фумігаційної дії; системні – які поширюються судинною системою рослин у випадку нанесення на будь-яку його частину і зумовлюючи токсичність усіх його органів для комах і збудників хвороб рослин).

Пестициди мають різну хімічну природу і підрозділяються на класи: фосфорорганічні, хлорорганічні, препарати міді, препарати сірки тощо.

За здатністю накопичуватися в організмі: понадакумулятивні, з вираженою акумуляцією, з помірною акумуляцією, зі слабо вираженою акумуляцією.

За ступенем токсичності: сильнодіючі – ЛД₅₀ менше 50 мг/кг, високотоксичні – ЛД₅₀ 50-200 мг/кг, середньотоксичні – ЛД₅₀ 200-1000 мг/кг, малотоксичні – ЛД₅₀ понад 1000 мг/кг.

За ступенем летючості: дуже небезпечні, небезпечні, малонебезпечні.

За стійкістю: дуже стійкі – час розкладання на нетоксичні компоненти – більше 2 років; стійкі – час розкладання на нетоксичні компоненти – 0,5-2 роки; помірно стійкі – час розкладання на нетоксичні компоненти – 1-6 місяців; малостійкі – час розкладання на нетоксичні компоненти до 1 місяця.

Пестициди майже ніколи не застосовують у чистому вигляді. На їхній основі готують порошки, що змочуються, концентрати, емульсії, дуети, розчини, гранули, мікрокапсули, аерозольні препарати

Таблиця 13.1 – Класифікація пестицидів за виробничим призначенням

Найменування пестициду	Призначення
Акарициди	Знищення кліщів, що вражають рослини, сільськогосподарських тварин, – переносників захворювань людини
Альгіциди	Знищення водоростей і іншої бур'янистої рослинності у водоймах
Антирезистенти	Зниження резистентності комах до окремих речовин
Антисептики	Знищення мікроорганізмів, що руйнують деревину й інші неметалеві вироби
Арборициди	Знищення небажаної деревної і чагарникової рослинності
Атраканти	Залучення комах для їхнього знищення
Афіциди	Знищення попелиць
Бактерициди	Знищення збудників бактеріальних хвороб рослин
Гаметоциди	Стерилізація рослин (головним чином, чоловічого пилку)
Гербіциди	Знищення бур'янистої рослинності
Десиканти	Підсушування рослин перед механізованим збиранням
Дефоліанти	Видалення листя перед механізованим збиранням і перед пересадженням дерев
Зооциди (родентициди)	Знищення гризунів
Інсектициди	Знищення комах
Іхтіоциди	Знищення смітних порід риб
Лімациди (моллюскоциди)	Знищення молюсків
Ларвициди	Знищення личинок комах
Нематоциди	Знищення круглих хробаків (нематод)
Овіциди	Знищення яєць комах, кліщів та шкідників рослин
Регулятори росту	Вплив на процеси росту і розвитку рослин
Репеленти	Відлякування шкідливих тварин
Ретарданта	Уповільнення росту рослин у висоту без зміни термінів їхнього дозрівання
Синергисти	Посилення дії пестицидів різного призначення
Фуміганти	Газоподібні речовини, що знищують шкідливих комах, збудників хвороб
Фунгіциди	Знищення збудників грибкових захворювань

Під дією світла, повітря і води пестициди, що знаходяться в ґрунті, розкладаються, часто з утворенням токсичних продуктів. У ряду змочуваних (дуст (порошки) → рідини, що змішуються, → емульсії → гранули) стійкість у ґрунті зростає.

Необхідно також відзначити, що нараховується близько 420 видів комах, більше 100 видів шкідливих грибків і бактерій, ряд видів бур'янистих рослин, що пристосувалися до отрутохімікатів, більше 500 видів комах, стійких до дії інсектицидів, що вимагає розробки та застосування нових видів отрут.

Енергоносії. У сільському господарстві витрачається 40-45 % дизельного пального, 30-35 % бензину та 9 % електроенергії від загальних витрат в Україні. Найбільш енергоємними операціями в процесі вирощування просапних і технічних культур є обробіток ґрунту та збирання врожаю – вони складають 60-75 % енерговитрат.

Як ресурси підприємства харчової та легкої промисловості використовують продукцію агропромислового комплексу (як рослинництва, так і тваринництва, рибальства, вівчарства, мисливства, вирощування диких звірів і т.п.).

Завдання на самопідготовку

Закріпити отримані на лекції знання та підготувати доповіді на тему:

1. Вплив на довкілля виробництва речовин хімічного захисту рослин.
2. Органічне сільське господарство.
3. Евтрофікація водойм як наслідок нераціонального застосування добрив.
4. Ресурсо- та енергоємність різних продуктів сільського господарства.
5. Перспективи розвитку сільського господарства в Україні.

Питання для самоконтролю

1. Дайте загальну характеристику агропромислового комплексу і його складових.
2. Опишіть галузі та основні технологічні процеси у рослинництві.
3. Що таке меліорація? Наведіть її різновиди.
4. Опишіть галузі та основні технологічні процеси у тваринництві.
5. Охарактеризуйте харчову промисловість, її ресурси.
6. Дайте характеристику основним галузям легкої промисловості.
7. Які природні ресурси використовує сільське господарство?
8. Для чого у сільському господарстві застосовують добрива? Які види добрив Вам відомі?
9. Що таке пестициди? Як вони класифікуються?
10. Охарактеризуйте енергоспоживання агропромислового комплексу.

ЛЕКЦІЯ 14. АГРОПРОМИСЛОВИЙ КОМПЛЕКС, ЙОГО ВПЛИВ НА ДОВКІЛЛЯ. ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНІ АГРОТЕХНОЛОГІЇ

План

- 14.1. Вплив АПК на довкілля.
- 14.2. Заходи зі зниження рівня негативного впливу агро-промислового комплексу на довкілля.
- 14.3. Нові екологічно безпечні агротехнології.

Завдання на самопідготовку

14.1 Вплив АПК на довкілля

Вплив рослинництва на довкілля

Хімізацію землеробства важко переоцінити. Нині загально визнано, що завдяки використанню добрив забезпечується близько половини приросту врожаю, активний баланс поживних речовин у землеробстві, поліпшується кругообіг біогенних елементів. Однак очевидно й те, що зростаючі обсяги застосування мінеральних добрив можуть порушувати природні цикли кругообігу речовин, що призводить до евтрофікації водойм. Несприятливий вплив застосування добрив на навколишнє середовище може бути різним, але в основному внаслідок таких причин:

- надходження поживних елементів, добрив з ґрунту у підґрунтові води і з поверхневим стоком може призвести до посиленого розвитку водоростей та утворення планктону, тобто до *евтрофікації природних вод*;
- неправильне використання мінеральних добрив може погіршити кругообіг та баланс поживних речовин, агрохімічні властивості та родючість ґрунту;
- порушення оптимізації живлення рослин макро- та мікро-елементами призводить до різних захворювань рослин, часто сприяє розвитку фітопатогенних грибних хвороб, погіршує санітарний стан;
- порушення технології застосування добрив, недосконалість якості та властивостей мінеральних добрив можуть зменшувати продуктивність с/г-культур та якість продукції та призводити до нагромадження в ній нітратів.

В середньому для усіх с/г-культур коефіцієнт використання добрив становить: азотних – 50-60 %, фосфорних 75-90 %, калійних – 60-80 %. Найбільш небезпечними, з погляду екології, вважаються азотні добрива.

За останні 20-40 років значно зросло надходження у водойми стоків, що містять сполуки азоту та фосфору. Це пов'язано із зливом з полів добрив і залишків пестицидів. Внаслідок цього відбувається евтрофікація водойм. На 1 кг фосфору, що потрапив у водойму, утворюється 100 кг фітопланктону. Оптимальний ріст водяних організмів спостерігається за концентрації фосфору 0,09-1,8 мг/л і нітратного азоту 0,9 – 3,5 мг/л.

В останні роки визначилася чітка тенденція до збільшення виробництва рослинницької продукції (особливо овочевої) з вмістом нітратів, що перевищує можливо допустиму норму. В цілому в Україні понад 30 % с/г-продукції мають вміст нітратів, що перевищує допустимий рівень. Основна небезпека надходження нітратів в організм людини пов'язується з виникненням метаболомії, канцерогенних новоутворень, імунодепресивної дії, а також зниженням резистентності організму до впливу канцерогенних та мутагенних агентів.

Інтенсифікація рослинництва не тільки сприяє підвищенню продуктивності полів, а у свою чергу створює сприятливі умови для розвитку та поширення ряду шкідників та хвороб с/г-культур. Дуже часто під захистом рослин розуміють лише використання хімічних препаратів. Так, в процесі вирощування озимої пшениці пестицидне навантаження іноді досягає 6-10 кг/га, ку-

курудзи і буряків 12-16, овочевих культур 45-50, плодкових – 165. Підраховано, що прибуток від застосування пестицидів у три рази перевищує витрати на їх виробництво. Але будучи могутнім засобом проти шкідників, хвороб і бур'янів, пестициди в той же час – один із найнебезпечніших факторів забруднення навколишнього середовища. Вони шкідливі для всіх живих організмів, включаючи корисних комах, тварин та людей. Один із яскравих доказів шкідливого впливу пестицидів на фауну є різке зменшення чисельності хижих птахів – однієї з кінцевих ланок у ланцюгах живлення. Орли, соколи, шуляки разом з тілами своїх жертв споживають максимальну кількість штучних речовин, яких раніше не було на планеті.

Спроби зменшити кількість хімічних препаратів для захисту врожаїв та збільшення врожайності с/г-культур призвели до появи та широкого поширення *генетично-модифікованих (трансгенних) рослин*. Безпечність використання таких рослин викликає значну засторогу, а можливі небезпеки для довкілля та здоров'я людини повністю не встановлені.

Гонитва за максимальними врожаями, порушення правил агротехніки, застосування важких с/г-машин, непродумана меліорація, перевипас худоби призводять до втрати основного багатства людства – родючих ґрунтів. Відомо, що для утворення ґрунтового шару завтовшки 1,0 см природі потрібно в середньому від 100 до 400 років залежно від природно-кліматичних умов. Людина ж здатна виснажити, знищити шар ґрунту такої товщини за один-два сезони. Підраховано, що порівняно з тими 1,5 млрд га земель, які використовуються тепер для вирощування с/г-культур, майже 2 млрд га за історичний період було втрачено, виведено із сівозмін, перетворено на пустелі. У наш час через вітрову та водну ерозії, будівництво міст, доріг, аеродромів, кар'єрів, промислових об'єктів в світі щомісяця втрачається від 5 до 7 млн га родючих земель.

За останні 25 років землям України завдано величезної шкоди: загублено майже 500 тис. га с/г-угідь; на 0,9 % знизився вміст гумусу в ґрунті; від водної ерозії потерпає 29 % орних земель; 10 млн га земель на півдні країни періодично уражаються пиловими бурями.

Спеціалісти ООН відокремили головні небезпеки, що нависли над сільським господарством основних регіонів Землі:

- Європа – промислове забруднення земель, знищення лісів;
- Північна Америка – поширення монокультур;
- Південно-Західна Азія – перенаселення, перевипас худоби, загроза генфондові;
- Південно-Східна Азія – загибель тропічних лісів, «генетична ерозія»;
- Південна Америка – знищення тропічних лісів, а як наслідок зникнення традиційних сортів культурних рослин;
- Африка – перенаселення, знищення тропічних лісів, перевипас худоби, опустелювання.

Вплив тваринництва на довкілля

У зоні тваринницьких комплексів основними проблемами, які мають екологічне значення, є евтрофікація водойм, можливе нагромадження пато-

генних мікроорганізмів, забруднення атмосферного повітря сірководнем, аміаком, молекулярним азотом та іншими сполуками. Великі тваринницькі комплекси – типовий приклад локального порушення малого круговороту органічних речовин та елементів живлення.

Негативний вплив на довкілля гною. Забруднення навколишнього середовища багато в чому визначається складом гнойових стоків, які залежать від таких основних факторів як: виду с/г-тварин, їх чисельності, якості та кількості кормів, росту, статі та маси тварин, напряму тваринництва, способу утримання та способів видалення гною. Рідкий гній містить значну кількість патогенних організмів, в процесі анаеробного його розкладу утворюються шкідливі гази (сірководень, аміак та ін.), а також жирні кислоти, аміни та інші сполуки з неприємним запахом. Тому за відсутності належного контролю за його збереженням та використанням створюється реальна загроза поширення інфекційних хвороб у зоні тваринницьких комплексів.

Сімейна ферма усього на 10 голів худоби щорічно дає 20 т твердих і до 40 м³ рідких відходів. Скупчення великих кількостей гною та гнойової рідини на території комплексів забруднює повітря, ґрунт, поверхневі та підземні води. У забруднених водоймах починається швидке заростання, цвітіння, загибель риб.

Забруднення атмосфери. На атмосферне повітря суттєво впливає неправильне зберігання та використання безпідстилкового гною. У випадку зберігання його у відкритому стані випаровується і потрапляє в атмосферу аміак, молекулярний азот та інші його сполуки. У тваринницьких комплексах в процесі дихання тварин та шумування гною утворюються гази, головним чином, СО₂ та СН₄. З гною можуть виділятися аміак, сірководень, меркаптани, індол та скатол. Крім газоподібних забруднюючих речовин і мікроорганізмів у повітрі міститься пил від кормів, висихання відходів, вовни та шкіри тварин. Вміст досягає 4 мг/м³.

Забруднення ґрунту. Внесення безпідстилкового гною та тваринницьких стоків від великої рогатої худоби і свиней у ґрунт призводить до бактеріального його зараження. Патогенні бактерії зберігаються в ґрунті в умовах зрошування протягом 4-6 місяців. С/г-культури, які вирощують на таких ґрунтах, заражуються патогенними бактеріями. У випадку внесення стоків у ґрунт методом дощування на відстань до 400 м поширюються яйця гельмінтів.

Забруднення гідросфери. Тваринницькі комплекси забруднюють поверхневі водойми, підземні води, внаслідок цього велика кількість біогенних елементів надходить у ці джерела. В природних водоймах гнойова рідина викликає масове отруєння водних організмів. У воді різко зростає кількість аміаку і зменшується вміст кисню. Таким чином, існує необхідність розробки шляхів утилізації та раціонального використання відходів тваринництва.

Індустріалізація сільського господарства супроводжується значним збільшенням **споживання енергії**. За різними оцінками споживання енергії для виробництва продуктів харчування складає 10-20 % від загальнонаціонального споживання.

Вплив на довкілля харчової та легкої промисловості

Широка номенклатура різних видів сировини та готової продукції, що випускається, разом з різноманіттям та різним рівнем екологічної безпеки промислових технологій визначає значні відмінності у кількості та забрудненості виробничих відходів.

Виробництво харчових продуктів супроводжується утворенням рідких, газоподібних та твердих відходів, що забруднюють гідросферу, атмосферу та ґрунти. Але основною проблемою екології харчових виробництв є *проблема води*. Усі підприємства потребують велику кількість води, що використовується безпосередньо в технології основного продукту (пивоварна, спиртова, цукрова), для миття обладнання та інших цілей. Більшість цієї води у вигляді забруднених стоків виводиться із процесу та надходить у навколишнє середовище. Середньорічна кількість стічних вод на харчових підприємствах становить (м³): на 1 т хлібо-булочних виробів – 2,9; на 1 т буряка у виробництві цукру – 1,7; на 1 т пресованих хлібопекарських дріжджів – 170. Значна частина цих стічних вод представлена сильно забрудненими водами, що характеризуються величиною ХСК (хімічне споживання кисню) від 2000 до 60000 мг О₂/дм³. Основною їх особливістю є високий вміст розчинених органічних речовин. Скидання таких вод у міські каналізаційні мережі не дозволяється, а вивід і збирання їх на «полях фільтрації» призводить до утворення токсичних речовин із неприємним запахом, що забруднюють атмосферне повітря на значній території. Крім того під ці споруди необхідно відводити значні площі земельних угідь сільськогосподарського призначення.

Найбільший негативний вплив на довкілля створюють м'ясна, цукрова, спиртова та дріжджова галузі харчової промисловості.

Особливістю легкої промисловості є відсутність значних забруднень повітря інертними речовинами, тому підприємства розташовують у межах зони, призначеної для забудови. На підприємствах бавовняної, льняної, вовняної промисловості виникають забруднення повітря пилом в процесі транспортування, сортування, обробки сировини. На фабриках первинної обробки сировини утворюється мінеральний пил, що в основному складається з часточок ґрунту. На вовняних та льняних підприємствах утворюється органічний пил.

Шкіряно-взуттєва промисловість одна з основних забруднювачів навколишнього середовища. Основний техногенний тиск вона чинить на водні середовища. Стічні води містять вовну, кров, жири, сульфати, сульфіді, хлориди, хромати, луги, кислоти тощо. Осад стічних вод шкіряних підприємств складається з великої кількості завислих речовин. У ньому містяться хром, жир, сульфати, сульфіді, бактеріальні та біологічні забруднювачі. Через присутність великої кількості важкоокислюваних органічних речовин стічні води можуть загнивати.

Забруднення довкілля *від діяльності трикотажної промисловості* полягає у наявності двох потоків забруднюючих речовин: токсичного – з'являється внаслідок фарбування та обробки висококонцентрованого продукту; нетоксичного – процес мерсеризації.

У стічних водах міститься ~20 видів забруднювальних компонентів. Концентрація їх часто перевищує допустимі норми, тому необхідне попереднє очищення стоків від фарби. Осад стічних вод трикотажних комбінатів створюється у фарбувально-оздоблювальних цехах. Там містяться розчинні і нерозчинні суміші – це ганчір'я, волокна, зшита шліхта, волосся, фарба. Але головні забруднювачі – це розчини кислот, високомолекулярні препарати.

Підприємства *хуτροвої промисловості* для вичинки та фарбування хуτρο за рік потребують 9 млн м³ води і витрачають різних хімічних речовин та сполук до 100 тис. тонн. Токсичність стічних вод у хуτροвому виробництві зумовлюється наявністю у них шестивалентного хрому барвників та формаліну.

14.2 Заходи зі зниження рівня негативного впливу агропромислового комплексу на довкілля

В умовах, що склалися нині в Україні, стратегія системи с/г-природокористування має передбачати (за М.М. Городнім):

- формування високопродуктивних і екологічно стійких агроландшафтів;
- гармонійне поєднання механізму дії економічних законів і законів природи в межах території з урахуванням лімітуючих чинників навантаження на с/г-угіддя, біологічні ресурси та ландшафти;
- впровадження вимог щодо екологічної безпеки в системі с/г-природокористування;
- забезпечення розширеного відтворення родючості ґрунтів шляхом формування та реалізації системи ґрунтозахисних природоохоронних заходів;
- забезпечення екологічно обґрунтованого поводження з пестицидами та агрохімікатами;
- формування механізму економічної, адміністративної та кримінальної відповідальності с/г-природокористувачів за порушення екологічних вимог;
- розроблення природоохоронних заходів на основі вимог міжнародного законодавства та підвищення його ролі в практиці с/г-природокористування;
- створення системи економічних стимулів виробництва екологічно чистої с/г-продукції на основі технологій біологічного землеробства;
- підтримання сприятливого в екологічному відношенні довкілля, інфраструктури та умов для праці, відпочинку і фізичного розвитку сільського населення;
- виведення з користування малопродуктивних с/г-угідь, насамперед у регіонах з високою розораністю земель.

З метою досягнення цих цілей необхідно:

- здійснити комплексну еколого-економічну оцінку (районування) території України з виділенням в її складі природоохоронних комплексів, у тому числі територій та об'єктів природно-заповідного фонду, земель для висо-

коінтенсивного ведення с/г-виробництва та промислового будівництва, а також забруднених районів для здійснення цільових природоохоронних заходів;

- забезпечити виконання Національної програми охорони земель;

- підготувати і впровадити галузеві схеми збереження та відтворення земельних, водних, біологічних, зокрема рибних та лісових, мінерально-сировинних та інших природних ресурсів;

- здійснити землевпорядкування територій з урахуванням екологічної ситуації, що склалася, вилучення з обробітку радіоактивно і промислово забруднених, дуже еродованих, вторинно заболочених, засолених і підтоплених, екологічно уразливих земель;

- створити цілісну систему полезахисних і водозахисних лісонасаджень, залісити яри, балки, піски та інші непридатні землі, забезпечити оптимальну протиерозійну лісистість території;

- створити водозахисні зони вздовж берегів річок, водосховищ, озер і ставків, очистити їх від мулу, сформувані високоефективні гідрологічні системи;

- забезпечити активний перехід на біологічні методи ведення сільського господарства та виробництво екологічно чистої продукції;

- удосконалити розміщення сільськогосподарського виробництва з метою найбільш раціонального використання місцевих природних умов і ресурсів.

Охорона та попередження негативного впливу на повітряне середовище. Для охорони атмосфери важливим є забезпечення очищення вентиляційних газів тваринницьких комплексів та птахофабрик від забруднювачів. Для цього необхідне адаптування у вентиляційні системи повітроочисних установок. На даний час в Україні це практично не реалізується, хоча методи очищення газових потоків від аміаку та сірководню (основні забруднювачі) широко відомі і поширені. Ще одним шляхом попередження забруднення є використання природних дисперсних сорбентів (природних цеолітів, бентонітів, палигорськітів, глауконітів) у складі підстилки та введення їх в раціон кормів, чим досягається адсорбція аміаку та сірководню на цих сорбентах і відповідно зменшення забруднення навколишнього середовища. Використання в подальшому утвореного гною як добрива покращує його якості – досягається пролонговане виділення поживних елементів і покращене засвоєння їх рослинами.

На території України відповідними нормативними документами дозволено використання як дієтичної домішки до кормів домашньої худоби природного цеоліту Використання природних цеолітів як кормових добавок дозволяє суттєво підвищити продуктивність тварин в тваринництві. Максимальний приріст маси дає підкормка цеолітизованими туфами із підвищеним вмістом кальцію.

Охорона та попередження негативного впливу на поверхневі води. Необхідною умовою ефективного захисту поверхневих вод від стоків тваринницьких ферм є встановлення очисних споруд для очищення від основної за-

брудною речовини – іонів амонію. Із великої кількості відомих способів очищення стічних вод від іонів амонію для очищення с/г-стоків найбільш широке застосування знаходять біологічні та адсорбційні із використанням як сорбентів природних мінералів, які володіють адсорбційними властивостями.

Біологічні методи очищення стічних вод є більш перспективними, дають можливість не тільки вилучати з водних розчинів, але й повторно використовувати у виробництві деякі забруднювачі. Процеси окиснення та інактивації протікають у спеціальних спорудах: біологічних фільтрах, аеротенках, біологічних ставках, полях зрошення і фільтрації. **Біологічні фільтри** – це металеві або залізобетонні резервуари, заповнені фільтрувальним матеріалом (шлак, керамзит, гравій, пластмаса, щебінь та ін.). **Аеротенки** використовують для біологічного очищення великої кількості стічних вод. Це бетонні або залізобетонні резервуари, через які повільно протікає суміш активного мулу і попередньо відстояної стічної рідини. Для підтримання мулу в завислому стані та подачі кисню рідину безперервно аерують. **Активний мул** – це субстрат, який заселений мікроорганізмами-мінералізаторами, здатними адсорбувати та окисляти у присутності кисню повітря органічні речовини стічних вод. **Біологічні ставки** – окиснювальні (аеробні) та відновні (анаеробні). Інтенсифікація знезараження стічних вод у біологічних ставках досягається за допомогою аерування їх мікрободоростями, які активно поглинають мінеральні сполуки, підлужують середовище до 9-10 рН, що сприяє інгібуванню сапрофітної та патогенної мікрофлори.

У харчовій та переробній промисловості для очищення від органічних забрудників доцільно застосовувати біологічні методи очищення.

Всі відомі методи фізико-хімічного очищення стічних вод від барвників (які є наймасовішим забрудником стоків легкої промисловості) можна розділити на три основні групи. Перша група методів забезпечує *вилучення забруднень перетворенням їх в осад* шляхом сорбції на частинках гідроксидів металів, які утворюються в процесі реагентної обробки стічних вод. Методи цієї групи – коагуляція, реагентна напірна флотація, електрокоагуляція.

Друга група об'єднує *деструктивні методи*, які ґрунтуються на глибоких перетвореннях органічних молекул в результаті редокспроцесів. З деструктивних методів найбільш широко використовують очищення стічних вод окиснювачами, реагентною відновно-окислюючою, електрохімічною та електрокаталітичною деструкцією. Вони володіють рядом переваг, а саме: висока ефективність та технологічність, компактність і простота автоматизації та управління. Але поряд з перевагами в очищенні стічних вод окиснювачами існує і ряд недоліків: невисока ступінь окиснення хімічно стійких органічних речовин, в результаті чого можливе утворення більш токсичних речовин; складність апаратурного оформлення вузла генерування окиснювача. За умови реалізації реагентної відновно-окислювальної деструкції потрібно проводити доочищення стічних вод, а за умови реалізації електрохімічної та електрокаталітичної деструкції потрібна велика затрата електроенергії та застосування обладнання великих розмірів.

Третя група включає *сепаративні методи*, такі, як сорбція на активованому вугіллі та макропористих іонітах, інших видах сорбентів (в тому числі на природних сорбентах) зворотній осмос, ультрафільтрація, пінна сепарація, електрофлотація. Ці методи, виключаючи два останніх, забезпечують високу степінь очищення стічних вод.

Охорона та попередження негативного впливу на ґрунти та ґрунтові води. Відновлення та підвищення родючості ґрунтів засобами агротехніки отримало назву *агрономічної меліорації*. Її завдання – оптимізація всіх режимів ґрунту: поживного, водного, повітряного, теплового та фітосанітарного. Агрономічна меліорація охоплює заходи «сухого» землеробства, що базуються на обробітку ґрунту без обертання скиби, мульчування його стернею та іншими поживними рештками; застосування напівпарового обробітку ґрунту, досходового та післясходового боронування для боротьби з бур'янами і профілактичні заходи, що зменшують ураженість посівів шкідниками та хворобами; заходи для розширеного відтворення родючості ґрунту: внесення органічних та мінеральних добрив, в тому числі залишення в полі нетоварної частини врожаю, посів сидеральних культур тощо.

Одним із шляхів запобігання забруднення навколишнього середовища мінеральними добривами є використання добрив з контрольованою розчинністю, зокрема капсульованих. Застосування капсульованих добрив дозволяє вивільняти компонент з контрольованою швидкістю, що збільшує ймовірність його засвоєння рослиною, також продовжує час дії добрива і зменшує їх вимивання до водних басейнів. Добрива в більш повній мірі виконують свою основну функцію – покращення живлення рослин та підвищення родючості ґрунту.

Проблема утилізації гною. У випадку використання гною як органічного добрива недотримання технології зберігання гною є однією з причин високої забур'яненості полів. Відомо, що в одній тонні підстилкового гною великої рогатої худоби міститься до 7 млн насінин бур'янів. У випадку використання такого гною на кожний гектар, що удобрюється, додатково заноситься від 0,15 до 350 млн насіння бур'янів. Різко знизити кількість життєздатного насіння у рідкому та напіврідкому гної можна в процесі обробки його аміачною водою з розрахунку 10 л на 1 тону.

Високий енергетичний потенціал гною дозволяє використовувати його як харчовий субстрат для інших організмів, які можна використовувати на корм тваринам, та для одержання пального для різного користування..

14.3 Нові екологічно безпечні агротехнології

Суть альтернативного землеробства полягає у цілковитій або частковій відмові від синтетичних мінеральних добрив, пестицидів, регуляторів росту та харчових добавок. Комплекс агротехнічних прийомів базується на строгому дотриманні сівозмін, введенні в них бобових культур для збагачення ґрунту азотом, застосуванні гною, компостів та сидератів, проведенні механічних

культивувацій та захисті рослин біологічними методами. Ґрунти розглядаються як живий організм, в якому протікають складні фізико-хімічні та біологічні процеси.

Біологічне землеробство передбачає відмовлення від застосування мінеральних добрив, пестицидів та інших синтетичних хімічних препаратів. Родючість ґрунтів підтримується винятково за рахунок внесення органічних добрив: гною, сидератів (спеціально вирощені зелені рослини, що заорюються в ґрунт для збагачення її азотом і органічними речовинами – люпин, серадела, буркун і ін.) і т.п. Гній для прискорення мобілізації живильних речовин обов'язково компостують, він піддається аеробному розкладанню. Гній і сидерати для поліпшення контакту з повітрям вносять у ґрунт лише поверхнево. Перелік засобів боротьби з бур'янами і шкідниками обмежується нетоксичними і слаботоксичними речовинами. Перевага віддається біопрепаратам: відварам піретруму, тютюну, кропиви, полину, хвоща. Велике значення відводять дотриманню сівозмін.

Органічне землеробство – американський варіант біологічного землеробства і принципово від нього не відрізняється: також виключається застосування мінеральних добрив і пестицидів, але екологічні вимоги менш тверді. Заборона на застосування мінеральних добрив обмежується лише роком, що передує збору врожаю на даному полі.

Органо-біологічне землеробство особливо популярне в країнах Західної Європи. З погляду екології це найбільш продумана система, що дає можливість контролювати природність круговоротів речовини в агроєкосистемах кожного окремого господарства. Біологізація виробництва в цій системі досягається за рахунок максимального стимулювання діяльності ґрунтової мікрофлори. Для цього сівозміни насичують бобовими культурами і кормовими злаками. Гній та дозволені до застосування несинтетичні добрива (томасшлак, доломіт, вапняк) вносять лише поверхнево. У деяких господарствах застосування синтетичних мінеральних добрив заборонено цілком і навіть гній купують лише на тих фермах, які самі працюють у системі альтернативного землеробства.

Біодинамічне землеробство орієнтується, насамперед, на використання біоритмів, властивих Землі і космічному простору. Ретельно враховуються також місячні цикли. Активно розвивається в країнах Західної Європи й іноді дає непогані результати. Так, була перевірена залежність врожаю кукурудзи від 18- і 6-річних місячних циклів. Ця перевірка довела, що піки максимальних врожаїв справді повторюються через кожні 18-19 років і охоплюють 5-8 – річні цикли, що йдуть послідовно. Раціональна рекомендація біодинамічного землеробства щодо застосування для удобрення ґрунту борошна з водоростей, що містять велику кількість мікроелементів. Система включає використання особливих біодинамічних компостних препаратів з рослин (кропиви, хвощ, пижма, валеріана), заготівлю і виготовлення яких варто проводити в строго визначений термін, що передбачаються розміщенням небесних тіл, які і забезпечують «активування» цих компонентів.

Екологічне землеробство пропагується ANOG – комітетом з вирощування овочів і фруктів із природними властивостями. Система заснована на дотриманні сівозмін, що повинні забезпечувати природне збереження родючості ґрунтів. Додатково сівозміни насичують бобовими культурами, підбираючи рослини з кореневими системами різної глибини. Нерідко одне – два поля відводять під сидератори, що заорюють не тільки восени, але і навесні. Оброблення ґрунту мінімізоване. Воно полягає в розпушуванні, безвідвальній оранці, дискуванні. Боротьбу з бур'янами проводять переважно механічними і біологічними методами. Наявність деякої кількості бур'янів у посівах в екологічному землеробстві вважають навіть позитивним явищем, оскільки воно знижує ерозію ґрунту.

Компромісне землеробство передбачає включення до способів, що використовувалися, впливу на поле та с/г-рослини засобів, які б запобігали чи сповільнювали темпи втрати ріллею родючості ґрунту й не призводили б до деградації природного середовища.

Адаптивне землеробство передбачає використання індустріальних с/г-систем з високою продуктивністю, що не зміщує екологічну рівновагу, спирається на використання адаптивних сортів нового типу і скорочене використання мінеральних добрив. Адаптивний сорт повинен відрізнятися такими особливостями: мати велику екологічну пластичність і тому давати врожай за умови широкої амплітуди зміни умов; бути скоростиглим; мати високу конкурентоздатність щодо бур'янів і бути стійким проти шкідників і хвороб; давати високий господарський врожай, тобто велику частку тих частин рослин, що використовує людина – насіння, бульби і т.п.; реагувати на поліпшення умов вирощування; бути придатним для вирощування в суміші з іншими сортами чи навіть іншими культурними рослинами.

Завдання на самопідготовку

Закріпити отримані на лекції знання та підготувати доповіді на тему:

1. Метод анаеробного зброджування органіки як перспективна енергозберігаюча технологія. Принцип роботи метантенків.
2. Біологічні методи очищення стічних вод.
3. Генетично-модифіковані (трансгенні) рослини, небезпека їх застосування.
4. Головні небезпеки, що нависли над сільським господарством основних регіонів Землі.

Питання для самоконтролю

1. Охарактеризуйте вплив рослинництва на довкілля.
2. Опишіть екологічні проблеми застосування добрив і пестицидів.
3. Охарактеризуйте вплив тваринництва на довкілля.
4. Визначте негативний вплив на довкілля харчової та легкої промисловості.

5. Опишіть проблему води як основну проблему екології харчових виробництв.
6. Охарактеризуйте стратегію системи с/г-природокористування за М.М. Городнім.
7. Яким чином можна здійснювати охорону і попередження негативного впливу агропромислового комплексу на компоненти довкілля?
8. Дайте характеристику основних методів очищення стічних вод у сільському господарстві.
9. Охарактеризуйте нові екологічно безпечні агро технології.

ЛЕКЦІЯ 15. ТРАНСПОРТ, ЙОГО ВПЛИВ НА ДОВКІЛЛЯ

План

- 15.1. Загальна характеристика транспорту.
 - 15.2. Використовувані ресурси.
 - 15.3. Вплив на довкілля.
- Завдання на самопідготовку

15.1 Загальна характеристика транспорту

Транспорт – галузь матеріального виробництва, що здійснює перевезення пасажирів і переміщає вантажі виробничого та невиробничого призначення. Основними завданнями транспортного комплексу є своєчасне та повне задоволення потреб господарства та населення у перевезеннях і забезпечення стійких зв'язків між окремими галузями та районами країни.

Транспорт щорічно використовує 30 % видобутої енергії. Його частка в загальному забрудненні складає 30 %, а у міському – 80 %.

Вид шляху можна взяти за основу класифікації транспортних машин (рис. 15.1).



Рисунок 15.1 – Класифікація транспортних технічних систем за видам шляху

За характером виконуваної роботи транспорт поділяється на вантажний та пасажирський.

Автомобільний транспорт має велике значення у пасажирообігу та перевезенні вантажів на короткі та середні (до 1000 км) відстані і займає важливе місце в єдиній транспортній системі. Автотранспорт розвантажує інші види транспорту від короткопробіжних вантажів і переміщає основну масу вантажів від місць виробництва до місць споживання і перевантаження на залізничні станції, в аеропорти, водні пристані, а потім з місць вивантаження на склади вантажоодержувачів. Оскільки транспортують автомобілями вантажі на значно коротші відстані, ніж залізницями чи трубами, то питома вага автомобільного транспорту у вантажообігу невисока (4,8 %). Розвиток автомобільного транспорту нерозривно пов'язаний з будівництвом автошляхів, які споруджуються, щоб зробити можливим рух автомобілів з високою швидкістю, необхідною безпекою та зручністю за умови мінімальних дорожніх та транспортних витрат. Сучасна довжина лише магістральних автошляхів з твердим покриттям у світі перевищує 12 млн км. В Україні довжина автомобільних доріг загального користування сягає майже 170 тис. км, з них біля 96,5 % – із твердим покриттям.

Залізничний транспорт. Залізничний транспорт в Україні посідає перше місце за вантажообігом та пасажирообігом. Експлуатаційна довжина залізниць загального користування дорівнює близько 22,6 тис. км.

Перевезення вантажів залізницями має відносно невелику вартість перевезень та високу швидкість доставки вантажів. Однак, будівництво залізничних шляхів вимагає великих капіталовкладень, що залежить від топографічних, кліматичних та економічних умов. На залізничних шляхах існує два типи тяги – *автономна* (тепловози) та *не автономна* (електровози). На *тепловозах* використовують дизельні двигуни внутрішнього згоряння та газотурбіни. *Електровози* класифікують за видом струму в контактній мережі. На сучасних залізницях використовують системи постійного струму напругою 3 кВ і змінного струму напругою 25 кВ і частотою 50 Гц. Загальний ККД електровоза становить 30 %, тоді як тепловоза не перевищує 20 % (у паровоза – 3-5 %).

Морський транспорт посідає друге місце за вантажообігом в Україні. У нашій державі він має сприятливі умови для міжнародних та каботажних (між портами всередині держави) перевезень. Найбільшими морськими портами в Україні є Одеса, Іллічівськ, Херсон, Миколаїв, Маріуполь, Бердянськ. У структурі перевезення вантажів морськими суднами переважають руди металів, кам'яне вугілля, нафта і нафтопродукти, будівельні матеріали.

Річковий транспорт в Україні має допоміжне значення. Найбільші річкові порти розміщені на Дніпрі (Київ, Черкаси, Кременчук, Дніпропетровськ, Запоріжжя, Каховка, Херсон), Дунаї (Ізмаїл, Юлія, Рені), Південному Бузі (Миколаїв, Первомайськ, Вознесенськ), Дністрі (Білгород-Дністровський). Річками транспортують ліс, будівельні матеріали та ін. Загальна довжина судноплавних шляхів, що експлуатуються в Україні, складає близько 4000 км. За основними показниками перевезень вантажів та пасажирів

рів цей вид транспорту знаходиться на останньому місці. Частка річкового транспорту у загальному перевезенні вантажів не перевищує 1,2 %, а пасажирів – 0,3 %.

Переваги пасажирських суден як транспортних засобів порівняно з іншими видами транспорту – пасажирські судна забезпечують найбільшу партійність відправлень. Якщо партійність автобусних відправлень не перевищує 60 чол., залізничних – 500 чол., повітряних – 350 чол., то партійність відправлення на пасажирських суднах досягає 2000 чол.

Авіаційний транспорт. Головною спеціалізацією є перевезення пасажирів та термінових вантажів. Через територію України проходять важливі міжнародні повітряні лінії до Німеччини, Росії, Туреччини, Чехії, Франції, Швеції та інших країн світу. Україна має 36 цивільних аеропортів з твердим покриттям, які рівномірно розташовані на всій території країни. До цієї галузі належить також парк літаків та гелікоптерів.

Трубопровідний транспорт. Газ становить близько 2/3 обсягу транспортування продукції трубопроводами, менше третини припадає на нафту. Загальна довжина трубопроводів в Україні – понад 40 тис. км, з яких 87 % припадає на газопроводи, а 13 % – нафто- і нафтопродуктопроводи.

До складу магістральних трубопроводів входять:

- лінійні споруди, що є власне трубопроводом;
- системи протикорозійного захисту;
- лінії зв'язку, та інше;
- перекачувальні та теплові станції;
- кінцеві пункти, на яких приймають продукт, що надходить трубопроводом, і розподіляють його між споживачами.

Трубопровідний транспорт має багато переваг – економічний, потужний, легко автоматизується, надійний в експлуатації, створює незначний негативний вплив на довкілля, не залежить від погодних умов.

Недоліком трубопровідного транспорту можна вважати його вузьку спеціалізацію – трубами можна транспортувати тільки певний вид продукції. Серед трубопроводів найбільш поширені нафтопроводи, газопроводи, продуктопроводи (пропан-бутан, бензин, дизельне паливо, мазут та ін.), аміакопроводи, водопроводи, шламопроводи та інші.

Транспорт електрики передбачає передачу електроенергії на значні відстані. В Україні працюють лінії електропередач (ЛЕП) надвисокої потужності: ЛЕП-500, ЛЕП-750, ЛЕП-800, ЛЕП-1500. Завдяки ним експортується електроенергія з України до Угорщини, Польщі, Болгарії, Молдови, а також надходить частина електроенергії з Росії.

ЛЕП складається з великої кількості опор, рівномірно розташованих вздовж обраної траси, з приєднаними до них ізоляторами, провідниками та блискавковідводами, які характеризуються зоною захисту – частиною простору, яка захищена від прямих ударів блискавки.

15.2 Використовувані ресурси

Використовувані транспортом ресурси можна поділити на:

1. Ресурси для забезпечення руху рухомого складу транспорту: паливо, повітря для горіння палива, електроенергія, ядерна енергія.
2. Ресурси для забезпечення експлуатації транспорту: мастила для змащування рухомих елементів транспортних засобів; змінні та зношені елементи рухомого складу транспорту.
3. Ресурси для забезпечення функціонування спеціальних видів транспорту.

Вид палива, яке використовується для забезпечення руху транспортних засобів, залежить від виду силової установки, де потенційна енергія палива перетворюється в кінетичну енергію руху. Найбільш поширеними видами силових установок є: карбюраторний двигун внутрішнього згорання; дизельний двигун внутрішнього згорання; газова турбіна; ракетний двигун; ядерна силова установка.

Карбюраторні двигуни внутрішнього згорання (ДВЗ) використовуються у автомобілях та суднах. Чотиритактні двигуни застосовуються переважно в автомобілях, а двотактні – на легких мотоциклах та невеликих човнах.

Паливом для карбюраторних ДВЗ служить бензин. В різних країнах та регіонах застосовують різне позначення для різних марок бензину. В Україні застосовують автомобільний бензин марок А-72, А-76, А-80, АИ-91, А-92, АИ-93, АИ-95 та інші модифікації. Характеристикою бензину є так зване *октанове число*, яке характеризує детонаційну стійкість палива (здатність палива протистояти самозайманню в процесі стискування). Це умовне число, яке рівне вмісту у об'ємних відсотках ізооктану (2,2,4-триметилпентана) у його суміші з н-гептаном, за якого ця суміш еквівалентна за детонаційними властивостями досліджуваному паливу в стандартних умовах випробування.

У **дизельному двигуні** повітря стискується до межі, що приблизно вдвічі перевищує тиск у бензиновому двигуні. У кінці такту стискування форсунками впорскується дизельне паливо, яке при контакті з розігрітим повітрям самозаймається. Дизельні двигуни більш потужні і економічні, але мають більшу питому масу на одиницю потужності, порівняно з бензиновими. Дизельні двигуни використовуються окрім автомобільного на залізничному, морському та річковому транспорті.

Паливом для дизельних двигунів є дизельне паливо (солярка). Розрізняють зимове та літнє дизельне паливо. Основна їх відмінність – у значенні температури граничної фільтрації та температури помутніння та застигання, які вказуються в стандартах на ці види палива. Основний показник дизельного палива – *цетанове число*, яке характеризує властивість палива до запалювання в камері згорання і дорівнює об'ємному вмісту цетану в суміші з α -метилнафталіном, яка в стандартних умовах має однакову здатність до запалювання у зрівнянні з досліджуваним паливом. Температура спалаху для дизельного палива повинна бути не вище 70 °С.

Останнім часом у рамках боротьби за охорону навколишнього середовища жорстко нормується вміст сірки в дизельному паливі. Під сіркою мають на увазі вміст сірчистих сполук – меркаптанів, сульфідів, дисульфідів, тіофенів, тіофанів і т.п. Допустимий вміст сірки в деяких остаточних паливах – до 3 %, в суднових паливах – до 1 %, а згідно останніх нормативів Євросоюзу допустимий вміст сірки в дизельному паливі не більше 0,001 % (10 ppm).

Бензинові та дизельні двигуни постійно удосконалюються для підвищення ефективності їхньої роботи і зниження забруднення довкілля. У сучасних двигунах карбюратор замінюють електронною системою впуску палива. Мікропроцесор контролює подачу суміші і час згорання, підвищуючи ефективність згорання палива та зменшуючи утворення надлишкової кількості відпрацьованих газів.

Газова турбіна – це тепловий двигун безперервної дії, на лопатках якого енергія стисненого і нагрітого газу перетворюється в механічну роботу на валу. Складається з компресора, сполученого безпосередньо з турбіною, і камерою згорання між ними. Стиснуте атмосферне повітря з компресора надходить в камеру згорання, де після змішування з паливом згоряє. У результаті згорання зростає температура, швидкість і обсяг потоку газу. Входячи в соплову частину турбіни гарячі гази розширюються, і їх теплова енергія перетворюється в кінетичну. У роторній частині турбіни, кінетична енергія газів змушує обертатися ротор турбіни. Енергія турбіни використовується в літаках, на залізничному транспорті та на кораблях.

У авіаційному транспорті використовують повітряно-реактивні двигуни – газові двигуни, оптимізовані для отримання тяги від вихлопних газів або від тунельного вентилятора, приєднаного до газової турбіни. Реактивні двигуни, які виробляють тягу, головним чином, від прямого імпульсу вихлопних газів, часто називаються *турбореактивними*, в той час, як ті, які створюють тягу від тунельного вентилятора, часто називаються *турбовентилаторними*.

Як паливо для авіаційних двигунів використовують *гас (керосин)* – продукт переробки нафти, до складу якого входять парафінові, нафтеніві та ароматичні вуглеводи. На відміну від бензинів у керосині значно більша кількість ароматичних вуглеводів.

Для інших турбін використовують *газотурбінне паливо* – вуглеводневі гази або рідке нафтове паливо. Газоподібне паливо застосовують головним чином в газотурбінних установках, що працюють на станціях перекачування газів магістральних газопроводів; рідке газотурбінне паливо – в транспортних (автомобільних, тепловозах, суднових) і крупних стаціонарних газових турбінах.

Ракетний двигун – різновид реактивного двигуна, у якому робоче тіло (газ, продукти згорання, потік іонів) міститься в об'єкті (ракеті). Практичне застосування мають переважно ракетні двигуни, у яких тяга створюється внаслідок спалювання палива, кисень для цього використовується з окислювача (рідкого кисню, перекису водню та ін.); Ракетні двигуни приводять у дію ракети-носії космічних кораблів. Для роботи ракетного двигуна застосовується як *рідке*, так і *тверде ракетне паливо*. Пальним у рідкому ракетному паливі

служить звичайно рідкий водень, газ (C_9-C_{16}) чи диметилгідразин $(CH_3)_2NH_2$. Окислювачі – рідкий кисень чи тетраоксиддіазоту N_2O_4 . До складу твердого ракетного палива входять пил на основі нітроцелюлози – пальне і перхлорат амонію NH_4ClO_4 – окислювач.

Ядерна силова установка – це силова установка, принцип дії якої оснований на енергії розпаду в процесі ядерних реакцій. Основна сфера застосування – атомний флот та авіація. Такий двигун забезпечує практично необмежену автономність плавання, велику потужність на валу і можливість протягом тривалого часу підтримувати високу швидкість ходу. Основними компонентами двигуна є ядерний реактор, теплова енергія, яка виділяється в результаті його роботи передається на двигун, або безпосередньо є робочим тілом (у випадку літака). *Як паливо для роботи ядерної силової установки* використовується ядерне паливо.

Мастила (оливи) широко застосовуються для змащування поршневих двигунів внутрішнього згорання (моторні оливи), у вузлах тертя (трансмісійні оливи), для змащування та охолодження підшипників турбоагрегатів (турбінні оливи), а також в інших випадках, де необхідно зменшити сили тертя (оливи загального призначення). Основними якісними показниками, що характеризують експлуатаційні властивості олив, є в'язкість, стабільність проти окиснювання, антикорозійні властивості та стійкість до піноутворення.

Змінні та зношені елементи рухомого складу транспорту характеризуються великою різноманітністю і налічують велику кількість груп готових виробів, матеріалів та хімічних сполук. Наприклад, шини автомобільного та авіаційного транспорту, акумулятори, вода та охолоджувальні рідини, антизамерзаючі рідини тощо.

Ресурси для забезпечення функціонування спеціальних видів транспорту є індивідуальними для кожного конкретного випадку його експлуатації. Так для трубопровідного транспорту це може бути паливо та електроенергія, яка застосовується на перекачувальних та теплових станціях, на ЛЕП – змінні ізолятори, трансформаторні оливи і т.п.

15.3 Вплив на довкілля

Автомобільний транспорт. Автотранспортний комплекс розглядається зараз як всевітня екологічна загроза людству. Забруднення повітря транспортними засобами пов'язано зі споживання енергії видобувних органічних палив.

В транспортному секторі ЄС за розділом споживання палива на автотранспорт припадає 84,4 %, на авіацію – 11,1 %, на залізницю – 2,5 % і на річковий транспорт – 2 %.

Вплив автотранспорту на екосистеми полягає у:

- забрудненні токсичними викидами атмосфери, водних об'єктів та ґрунтів, зміні хімічного складу ґрунтів і мікрофлори, утворенні виробничих відходів;

- споживанні природних ресурсів – атмосферного повітря, яке необхідне для перебігу робочих процесів в ДВЗ транспортних засобів, нафтопродуктів і природного газу, які є паливом для ДВЗ, води для систем охолодження ДВЗ і мийки транспортних засобів, виробничих і побутових потреб транспортних підприємств, земельних ресурсів, відчужених під будівництво автомобільних доріг та інших об'єктів транспортної інфраструктури;

- виділенні теплової енергії у навколишнє середовище під час роботи ДВЗ та установок, в яких спалюють паливо;

- створенні високих рівнів шуму та вібрації;

- активації несприятливих природних процесів таких, як водна ерозія, заболочення місцевості, утворення сельових потоків, зсувів та обвалів;

- травмуванні і загибелі людей, тварин, нанесенні великих матеріальних збитків внаслідок аварій та катастроф;

- порушенні ґрунтово-рослинного покриву і зменшенні врожайності сільськогосподарських культур.

Найбільша частина: шкідливих речовин, що виділяються двигуном автомобіля, припадає на частку відпрацьованих газів (ВГ), в складі яких налічується майже 200 компонентів. Склад ВГ (табл. 15.1) залежить від роду застосовуваних палив, присадок і масел, режимів роботи двигуна, його технічного стану, умов руху автомобіля, тощо.

Таблиця 15.1 – Склад відпрацьованих газів автомобілів

Компоненти ВГ, %	Бензинові двигуни	Дизельні двигуни
Азот	74,0-77,0	76,0-78,0
Кисень	0,2-8,0	2,0-18,0
Пари води	3,0-13,5	0,5-10,0
Вуглекислий газ	5,0-12,0	1,0-10,0
Диоксид вуглецю	5,0-14,0	1,0-12,0
Оксид вуглецю	0,1-10,0	0,01-0,3
Оксид азоту	0,1-0,5	0,001-0,4
Альдегіди	0-0,2	0-0,009
Вуглеводні	0,2-3,0	0,01-0,5
Сірчаний газ	0-0,002	0-0,03
Оксид сірки	0-0,003	0-0,015
Сполуки свинцю, мг/м ³	0-60,0	-
Сажа, г/м ³	0-0,4	0,01-1,1
Бенз(а)пірен, г/м ³	до 0,00002	до 0,00001

В порівнянні з карбюраторними двигунами дизельні мають такі переваги: більш висока паливна економічність (на 30-40%); висока надійність; менша токсичність. До недоліків дизельного двигуна слід віднести: велику масу і розміри за умови однакової з карбюраторними двигунами потужності; більш важкий пуск двигуна; підвищений рівень шуму в процесі роботи; значні викиди з ВГ сажі.

Застосування етилованого бензину сприяє потраплянню в навколишнє середовище **свинцю** – отрути кумулятивної дії. Автомобіль, що працює на етильованому бензині викидає 30-540 мг діоксинів у діоксиновому еквіваленті на кожен кілометр пройденого шляху. Близько 70 % Pb, доданого в пальне, потрапляє в атмосферу. З них 30 % осідає на землю відразу за зрізом вихлопної труби, 40 % залишається в повітрі. Максимальний вміст сполук Pb відзначено в межах 50 м від доріг, який досягає 200 мг/кг ґрунту. Він накопичується рослинами.

Середній вміст **бенз(а)пірену** уздовж магістралі може складати 50 мкг/кг і доходити до глибини 1-2 м. На відстані 100 м від траси концентрація бенз(а)пірену перевищує фонові в 3-4 рази.

Сажа – присутня у викидах дизелів через неповноту згоряння палива чи через крекінг палива на гарячих поверхнях. Викиди дизеля мають характерний вид і запах: *чорний дим* – сажа (частки вуглецю 0,1-0,3 мкм), що адсорбує органіку; *білий дим* – туман з парів палива, крапель води, альдегідів, діє на людину подразнююче, появляється у випадку перебоїв у системі запалювання, на холостому ході і за малих навантажень; *блакитний дим* – складається з крапель C_mH_n менших, ніж у білому димі, утворюється після охолодження відпрацьованих газів.

Викиди NO_x – збільшуються у випадку підвищення температури згоряння, утворюються внаслідок реакції між атмосферними і паливним азотом і киснем в зоні великих температур.

У газових двигунів робочий процес не відрізняється від карбюраторного, через більш низькі робочі температури у викиді зменшується кількість продуктів неповного горіння і NO_x .

Зараз у викидах нормуються CO , NO_x , C_mH_n , тверді (сажеві) частинки. У перспективі важливим є нормування Pb, ПАВ (поліциклічні ароматичні вуглеводні). Вимоги ЄЕК ООН щодо токсичності ВГ транспортних двигунів послідовно посилюються. Окремі норми існують для легких комерційних автомобілів вагою до 1305 кг, легких комерційних автомобілів вагою 1305 кг – 1760 кг, легких комерційних автомобілів вагою 1760 кг – 3500 кг, автобусів та вантажівок з дизельними двигунами, великих вантажівок (більше 3500 кг).

Граничний рівень зовнішнього шуму для транспортних засобів встановлений у межах 77-80 дБ.

На викиди шкідливих речовин впливає режим роботи двигуна. У середньому холостий хід займає 30 % усього часу руху, гальмування і прискорення – 55 %, постійна швидкість 15 %. Для холостого ходу основні токсиканти – CO і C_mH_n ; NO_x відсутній через низьку температуру. В процесі прискорення у порівнянні з рухом з постійною швидкістю витрачається палива у 2 рази більше. В процесі гальмування підвищується вміст продуктів неповного згоряння (сажа, альдегіди). Оптимальна швидкість руху для вантажних автомобілів – 60-65 км/год. У випадку руху з невисокими швидкостями (25-30 км/год) витрата палива на одиницю шляху збільшується в 2-3 рази в порів-

нянні з оптимальною швидкістю. Для легкових автомобілів оптимальна швидкість – 80-90 км/год.

У результаті окиснення під дією сонячних променів окремих компонентів ВГ автомобільних двигунів, пари бензину та інших речовин, утворюється *фотохімічний смог*. Смог викликає подразнення очей, носа і горла, ушкодження посівів с/г-культур, лісових насаджень та сприяє корозії металів тощо. Дослідження виявили, що до 35 % від загальних викидів автотранспорту обумовлюються станом дорожнього покриття і організацією руху транспортних засобів. У випадку інтенсивного руху на 100-200 метрів від краю проїжджої частини ґрунт стає непридатним для вирощування с/г-культур.

Найбільшу шкоду завдає автомобільна дорога флорі та фауні, коли перетинає шляхи міграції та місця проживання тварин, території та об'єкти природно-заповідного фонду. Зона впливу автомобільної дороги поширюється на відстань до 3 км від краю проїжджої частини в залежності від інтенсивності дорожнього руху, складу транспортних засобів, а також від метеорологічних, кліматичних та топографічних умов місцевості.

Важливим аспектом забруднення навколишнього середовища є *рідкі та тверді відходи автотранспортних підприємств (АТП)*. Нафтопродукти потрапляють у навколишнє середовище від автомобілів в процесі підтікання масил від агрегатів та від зовнішньої мийки автомобілів. У середньому за рік у мийці легковий автомобіль залишає 50 кг забруднюючих речовин, вантажний – 250 кг. На дно акумуляторних батарей випадає свинцевий пил і шматочки свинцевих пластин, які також можуть потрапляти в навколишнє середовище. На сьогоднішній день завдяки відсутності системи збору та утилізації відпрацьованої оливи (річна кількість в Україні – 116 000 т/рік) значне забруднення спричиняється саме цим відходом експлуатації транспорту.

Забруднення навколишнього середовища може спричинитись етиленгліколем (складова антифризів, отрутний, має велику проникаючу здатність і за найменших нещільностей у системі охолодження потрапляє в навколишнє середовище) та гальмівною рідиною.

Серйозною загрозою є велика кількість зношених автомобільних шин, ефективного впровадженого в Україні способу їх утилізації на сьогоднішній день не існує.

Автомобіль за свій життєвий цикл утворює масу відходів у 10 разів більше маси самого автомобіля. Якщо враховувати воду, яка застосовується автомобілями, (система охолодження і мийка), то маса відходів перевищить масу автомобіля в 100 разів. Проте все-таки найбільш значний вплив на довкілля створюється продуктами горіння.

Залізничний транспорт. Принципово викиди тепловозних двигунів не відрізняються від автомобільних, тому що ВГ мають аналогічний склад. Але режим роботи тепловозних дизелів більш стабільний, тому виділення забруднюючих речовин менше, ніж для автомобільних перевезень. Ступінь забруднення наближається до автомобільного тільки у випадку маневрової роботи. З електрифікацією вплив залізниці на навколишнє середовище зменшу-

ється. Найбільший вплив на атмосферу створюють тепловози з дизельними силовими установками. Одна секція тепловозу викидає в атмосферу за годину роботи 28 кг СО, 17,5 кг NO_x, до 2 кг сажі.

Крім забруднення важкими металами слід зазначити забруднення при-магістральних територій органічними речовинами. Аналіз хімічного забруднення ґрунтів триметрової смуги з рейкового шляху на залізничних станціях показує, що ґрунти забруднені щонайменше десятьма поліциклічними ароматичними та іншими вуглеводнями. Вміст бенз(а)пірену перевищує ГДК у ґрунтового покриві до 70 разів.

В окремих районах виникає проблема забруднення шляху та прилягаючих районів вугільним і рудним пилом, нафтопродуктами через витік і здування перевезених вантажів, пропарювання цистерн і очищення вагонів.

З пасажирських вагонів відбувається забруднення залізничного полотна сухим сміттям та стічними водами. В процесі роботи пічного опалення, для якого використовується кам'яне вугілля, відбувається забруднення атмосфери та утворення твердих відходів.

До стаціонарних джерел забруднення відносяться локомотивні, вагонні депо, підприємства промислового залізничного транспорту, заводи ремонту рухомого складу, підприємства переробки щебеню, пункти підготовки й обмивки вантажних та пасажирських вагонів. В процесі проведення ремонтів в атмосферу надходить пил (металевий, деревний, піщаний, кам'яновугільний), сажа, оксиди марганцю, оксиди азоту, сполуки фтору, пари сірчаної кислоти і лугів, СО, нафтовий бензин.

Водний транспорт. В умовах звичайної експлуатації основні джерела забруднень: суднові двигуни, головна енергетична установка, а також вода, яка використовується для мийки вантажних танків і баластові води. Енергетичні установки суден забруднюють ВГ передусім атмосферу, звідки токсичні речовини частково або майже повністю потрапляють у води морів, річок, океанів. Сьогодні переважна більшість суден обладнана дизельними двигунами.

Нафта та нафтопродукти є основними забруднюючими речовинами в процесі роботи водного транспорту. За оцінками фахівців у моря й океани виливається до 10 млн т нафтопродуктів за рік. Кожна тонна нафти покриває плівкою 12 км² водної поверхні. Нафтова плівка перешкоджає проникненню у воду кисню повітря. За товщини плівки 4 мм і концентрації нафти у воді 17 мг/дм³ кількість розчиненого кисню знижується за 20 діб на 40 %. Підвищення концентрації нафти до 20-23 мг/дм³ викликає порушення рухової здібності риб та їхню загибель. Вважається, що забруднення поширилося на 25 % поверхні Світового океану. Джерела надходження нафти: з суден, що знаходяться в морі – 28 %; зі стоками рік – 26 %; з суден, що знаходяться у портах – 14 %; з атмосфери – 10 %; іншими шляхами – 4 %. Нафтовими залишками забруднена промивна вода від танків, баластова вода (у танку залишається близько 1 % нафти).

Шкоду водному середовищу завдають важкі метали та їх оксиди, в першу чергу оксиди заліза, а також шум і вібрації теплових двигунів.

Авіаційний транспорт. Аеропорти займають величезні площі, в середньому 25-50 км² (аеропорт Даллас – 70 км²). Через безпеку польотів та шум непридатні для житла близько 120 км². Взаємодія з навколишнім середовищем пов'язана з польотами всіх типів літаків і гелікоптерів, а також з будівництвом та функціонуванням аеропортів і ремонтних підприємств, що, як правило, розташовуються поблизу великих промислових центрів.

Основна маса літаків використовує газотурбінні (реактивні) двигуни (ГТД), що працюють на гасі. Витрата палива на різних етапах польоту залежить від довжини рейсу: за дальності польоту 550-570 км на зліт і набір висоти йде 50 %, на крейсерський політ – 25 %, на зниження і посадку – 25 % палива.

Продукти згоряння палива (гасу) у ГТД містять нетоксичні CO₂, пари H₂O, N₂, а також CO, NO_x, вуглеводні (метан, ацетилен, етан, етилен, пропан, бензол, толуол), альдегіди (формальдегід, акролеїн та оцтовий альдегід), тверді частки сажі, що утворюють димовий шлейф за соплом. Крім цього літаки викидають і паливо не тільки у випадку аварійних ситуацій, але і в процесі продувки і спорожнювання ємностей, після невдалого запуску двигуна чи після його вимикання після польоту.

Шумовий вплив створюють авіадвигуни, допоміжні силові установки, аеродромний спецавтотранспорт, авіаційно-технічні бази і ремонтні заводи. Різновидом шумового впливу є звуковий удар. Він виникає у випадку польоту літака з надзвуковою швидкістю. Звуковий удар створює негативний вплив на тварин, найбільш вразливі коні, північні олені, морські котики й ін. Механічний вплив удару викликає схід сніжних лавин, каменепадів і т.д. Крім цього в сліді надзвукового літака відбувається понад 300 хімічних реакцій й утворюються конденсаційні шлейфи. Компоненти реактивних струменів (гідроксил, атомарний кисень, оксиди сірки й ін.) руйнують атмосферний озон, впливають на процеси утворення хмар. Тому згідно останніх досліджень світовий парк надзвукової авіації не повинен перевищувати 500-600 одиниць.

Авіація приводить до *електромагнітного забруднення середовища*. Її викликає радіолокаційна і радіонавігаційна техніка аеропортів і літальних апаратів, необхідна для проведення польотів. Радіолокатори випромінюють у надвисокій, високій і ультрависокій областях частот.

Робота *рідинного ракетного двигуна* супроводжується викидами продуктів повного і неповного згоряння палива, що складаються з O, NO_x, OH і ін. Склад продуктів згоряння визначається співвідношенням компонентів палива, температурою згоряння, процесами дисоціації і рекомбінації молекул. Кількість продуктів згоряння залежить від потужності рухових установок. В процесі згоряння твердого палива з камери згоряння викидаються H₂O, CO₂, HCl, CO, NO, Cl, а також тверді частки Al₂O₃ із середнім розміром 0,1 мкм (іноді до 10 мкм).

Трубопровідний транспорт. Незважаючи на високу міцність, трубопроводи з часом просідають (особливо у зонах мерзлих або різнопородних тріщинуватих ґрунтів, під власною вагою та через різницю температур), тріс-

каються на стиках, кородують унаслідок підвищеної кислотності повітря чи несприятливих кліматичних умов. У місцях пошкодження труб на прилеглі території виливається велика кількість забруднювальних речовин, а оскільки це часто трапляється далеко від населених пунктів, то через неможливість оперативно ліквідувати аварію шкода довікіллю, буває величезною.

Аварії, пов'язані з залповими викидами нафти і газу, найбільш небезпечні, тому що нафта просочується у ґрунт, потрапляє у водойми, забруднює підземні води, випаровується в атмосферу. Можливі прориви підводних нафтопроводів.

У процесі транспортування газу утворюються конденсаційні води, що містять органіку (газоконденсат, олія, метанол, діезтиленгліколь, фенол, гідрати вуглеводнів) і неорганіку (Ca^{+2} , CN^- , SO_2^{-2} , NO_3^- , Mo^{+2} , Fe^{+3} , NH_4^+). Усе це видувається в навколишнє середовище в процесі чищення та ремонту.

Лінії електропередач викликають низку екологічних проблем. Спеціальні дослідження показали, що ЛЕП надвисокої напруги (750-1150 кВ), з екологічної точки зору є дуже небезпечними. Навколо них утворюються потужні електромагнітні поля, які негативно впливають на живі організми і людину, порушують природну міграцію тварин, процеси росту рослин.

Підготовка трас для ЛЕП, вирубування просік, встановлення опор, монтаж проводів та іншого експлуатаційного обладнання і подальша експлуатація ЛЕП зумовлюють відповідну реакцію з боку екосистем. Вирубування лісу часто призводить до значної перебудови всього комплексу кліматичних факторів: на просіках збільшується швидкість вітру, змінюються температура та вологість повітря, влітку різко посилюється інтенсивність випаровування вологи тощо. Утворення просік супроводжується значними змінами тваринного компоненту екосистем: спостерігається зникнення видів, що мешкають у кронах дерев.

Без сумніву, ЛЕП впливають і на стан здоров'я людей. Це у першу чергу пов'язано з потенційними нещасними випадками, як то: нанесення травми людям від взаємодії з струмопровідними елементами ЛЕП, витоків або розлиття трансформаторного мастила а також від шумових впливів, від коронного розряду. Допустимі норми електричного поля не повинні перевищувати $1 \text{ кВ} \cdot \text{м}^2$; для цього необхідно віддаляти опори ЛЕП на 30-40 м від житлових будівель.

Завдання на самопідготовку

Закріпити отримані на лекції знання та підготувати доповіді на тему:

1. Аварії на нафто- та газопроводах.
2. Нормування екологічної безпеки різних видів транспорту.
3. Міжнародні конвенції та договори з питань екологічної безпеки транспортних засобів.
4. Причини утворення забруднюючих речовин під час роботи двигунів внутрішнього згорання.

5. Проблеми застосування ядерних силових установок на транспорті.

Питання для самоконтролю

1. Наведіть класифікацію транспортних засобів.
2. Охарактеризуйте різні види транспорту.
3. Опишіть ресурси, що застосовуються для експлуатації різних видів транспорту.
4. На яких транспортних установках застосовуються двигуни внутрішнього згоряння? На якому паливі працюють ДВЗ?
5. Якими характеристиками описуються бензинове і дизельне палива?
6. Охарактеризуйте газову турбіну, ракетний двигун, ядерний реактор як енергетичні силові установки для транспортних засобів. Яке паливо застосовується для їх роботи?
7. Яким чином транспортні засоби здійснюють вплив на екосистеми?
8. Дайте характеристику впливу різних видів транспорту на атмосферне повітря?
9. Яким чином транспортні засоби здійснюють вплив на гідросферу?
10. Визначте вплив транспорту на ґрунти, рослинний і тваринний світ.

ЛЕКЦІЯ 16. ТРАНСПОРТ, ЗАХОДИ ЗІ ЗНИЖЕННЯ РІВНЯ НЕГАТИВНОГО ВПЛИВУ НА ДОВКІЛЛЯ ТА НОВІ ТЕХНОЛОГІЇ

План

16.1. Заходи зі зниження рівня негативного впливу транспорту на довкілля та його попередження.

16.2. Нові екологічно безпечні транспортні технології.

Завдання на самопідготовку

16.1 Заходи зі зниження рівня негативного впливу транспорту на навколишнє середовище та його попередження

У заходах попередження негативного впливу транспорту на навколишнє середовище можна виділити такі основні напрямки, які дозволяють найбільш суттєво знизити небезпеку забруднення довкілля:

1. Розроблення системи заходів щодо мінімізації негативного впливу від спалювання палива. В найбільшій мірі заходи слід застосовувати до автомобільного транспорту, як до найбільшого забрудника довкілля.

2. Утилізація найбільш небезпечних відходів та забруднюючих речовин.

Система заходів мінімізації негативного впливу від спалювання палива:

- впровадження нових конструкцій двигунів (адіабатних дизелів, двигунів Стірлінга і Ванкеля), використання нових типів силового устаткування;

- заміна конструкції, робочих процесів, технології виробництва автомобілів з метою зниження токсичності відпрацьованих газів;
- застосування пристроїв очищення або нейтралізації відпрацьованих газів (для автомобілів з бензиновими двигунами – ефективних *каталітичних нейтралізаторів потрібної дії*, які окиснюють вуглець та вуглеводні і відновлюють оксиди азоту), для автомобілів з дизельними двигунами – *фільтрів*, які очищають відпрацьовані гази від сажі);
- законодавче обмеження викиду шкідливих речовин автомобілів, нових та тих, що експлуатуються, а також проведення податкової політики, що стимулює зниження викиду шкідливих речовин;
- розроблення нормативів, процедур контролю, а також технологій, що забезпечують підтримання технічного стану автомобілів на рівні, який гарантує викид шкідливих речовин, не вищий за нормативний;
- вдосконалення процесів керування автомобілем і транспортними потоками, поліпшення дорожніх умов, а також вдосконалення технологічних схем перевезення вантажів;
- зниження міського шуму, в першу чергу за рахунок зменшення шумності транспортних засобів, збільшення відстані між джерелом шуму та об'єктом впливу. Використання спеціальних шумозахисних смуг озеленення, різних прийомів планування і раціонального розміщення мікрорайонів. Ефективним засобом зниження транспортного шуму є прокладання доріг у виїмці – зниження рівня шуму може досягти до 15 дБ.

Раціональна експлуатація автомобілів. Зменшення забруднення довкілля шляхом раціональної експлуатації автомобілів включає багато складових. До основних з них відносяться:

- підтримка автомобілів в технічно справному стані за оптимальних регулювань їх систем та агрегатів;
- оптимальне управління автомобілем в експлуатаційних умовах;
- оптимізація дорожніх умов руху автомобілів;
- раціональне використання автомобілів під час виконання транспортних робіт.

Кількість шкідливих викидів автомобілів в значній мірі залежить від технічного стану його агрегатів, механізмів і систем. У першу чергу це стосується двигуна автомобіля. Зменшення пропускної здатності повітряних жиклерів головної системи на 7 % призводить до погіршення економічності на 2 % і підвищення викидів оксиду вуглецю на 5 %. На економічність та токсичність двигуна особливо впливає несправність клапана економайзера. Заїдання клапана у відкритому стані погіршує економічність на 34 % і збільшує викиди вуглеводнів в 2 рази, а оксиду вуглецю – в 5,4 рази. Зменшення зазорів між електродами свічок є причиною погіршення економічності на 15 % і збільшення викидів оксиду вуглецю майже на 18 %, а вуглеводнів – у 4 рази.

Тому в процесі технічного обслуговування та огляду необхідно приділяти особливу увагу забезпеченню оптимальних регулювань та своєчасному виявленню та усуненню несправностей систем автомобільного двигуна.

Параметром, який суттєво впливає на концентрацію шкідливих речовин в відпрацьованих газах (ВГ) двигунів з іскровим запалюванням, є відношення повітря/паливо. Із збагаченням суміші вміст CO та C_mH_n у ВГ різко збільшується, а із збідненням суміші – значно зменшується. Для зменшення викидів шкідливих речовин останнього часу розроблено та доведено до серійного виробництва ДВЗ, які працюють на бідних сумішах (відношення повітря/паливо приблизно 20/1), що дозволяє збільшити ступінь стискання до 13. Такі двигуни мають хорошу паливну економічність, на 20 % кращу, ніж у звичайних ДВЗ. Забезпечення стабільного згоряння надто збіднених сумішей досягається закручуванням потоку суміші з метою його турбулізації, (за допомогою заслінки, яка встановлена у впускному трубопроводі, або за допомогою спеціальних визискувачів). Надійне підпалювання збіднених повітряних сумішей забезпечується установленням у циліндрі двох свічок запалювання та застосування багатоелектродних свічок і свічок з підвищеною енергією і тривалістю розряду, а також свічок запалювання зі збільшеним іскровим проміжком.

Нейтралізація та уловлювання шкідливих речовин із відхідних газів спалювання палива. Зменшення вмісту шкідливих речовин у ВГ оптимізацією процесу згоряння є найперспективнішим заходом, тому що продуктів неповного згоряння CO і C_mH_n легше позбутися на стадії їх утворення. Проте повністю виключити вміст шкідливих речовин у ВГ неможливо. Тому шкідливі компоненти ВГ у впускній системі двигуна нейтралізують спеціальними пристроями – нейтралізаторами.

Для **нейтралізації** шкідливих речовин у ВГ необхідно забезпечити умови для *окислювальних реакцій* і окиснення продуктів неповного згоряння палива (особливо CO та C_mH_n) до продуктів повного згоряння CO_2 та H_2O , а також і *відновлювальних реакцій* для розкладання оксидів азоту NO_x до O_2 та N_2 . Для очищення ВГ дизеля від сажі застосовують спеціальні **пристрої-уловлювачі**. Для прискорення перебігу окислювальних та відновлювальних реакцій в нейтралізаторах застосовують різні *каталізатори* (прискорювачі реакцій). Залежно від здатності активізувати ті або інші реакції каталізатори поділяють на: окислювальні, відновлювальні, двох функціональні.

Широкого поширення в практиці очищення автомобільних відпрацьованих газів отримали каталізатори на основі благородних металів – паладію (Pd) та платини (Pt). Вони мають високу селективність, низьку температуру початку ефективної роботи і досить довговічні. Каталізаторами в реакціях відновлення NO_x можуть виступати також родій (Rh) і рутеній (Ru). Можна використовувати відносно дешеві окиснювальні нейтралізатори на основі міді, марганцю, нікелю, хрому (CuO , MnO_2 , NiO , Cr_2O_3). Але ці каталізатори недовговічні, їх ефективність значно менша за платино-палладієві.

Утилізація найбільш небезпечних відходів та забруднювальних речовин від транспортних засобів.

Відпрацьовані оливи (ВО). Для забезпечення функціонування дієвої системи охорони довкілля від ВО необхідне вирішення трьох завдань:

1. Створити діючу систему збору та класифікації ВО.

2. Розробити комплексну технологію очищення ВО, яка б враховувала широкі коливання в концентраціях забруднювачів ВО.

3. Створити ряд установок, які б забезпечували перероблення ВО.

Успішне функціонування системи збору ВО можливе лише за однієї умови – створення дійового економічного механізму через систему моніторингу, штрафів, стимулювань, податкових пільг.

Потребує окремого розгляду система класифікації зібраних ВО. Вона повинна проводитись, як це прийнято у більшості країн світу, на основі аналізу фізико-хімічних показників кожної партії ВО і видачі сертифікату відповідності. Ті із них, які відповідають вимогам нормативних документів на регенерацію, на основі контрактів продаються підприємствам – переробникам. Інші доцільно направляти на спалювання в організації, які впроваджують технології використання нетрадиційних джерел енергії для створення нових видів палива (ТЕЦ, цементні, цегляні заводи та інші підприємства будівельної індустрії).

Попередження забруднення водного басейну морським та річковим транспортом:

- обладнання суден додатковими засобами та установками для утилізації або знешкодження деяких видів відходів, а також для тимчасового накопичення частини відходів з наступною здачею їх на берег для знешкодження або переробки;

- розробку нових конструкцій суден, що більшою мірою гарантували б збереження нафтовантажів і нафтопалива навіть у аварійних ситуаціях.

Існують три основні напрямки очистки забруднених вод морів і річок, а саме: 1. Механічний збір з поверхні вод сміття і нафтових плівок. 2. Хімічний вплив на нафтові плівки. 3. Біологічне розкладання плівок.

Найбільшого поширення набув *механічний метод* – збору з водної поверхні плаваючого сміття та виловлювання і сепарація нафтопродуктів. Зібране сміття та нафтовмісні води передаються на берегові станції для знешкодження і утилізації. Для ліквідації аварійних розливів нафти в акваторіях і у відкритому морі створені оперативні служби, які вживають екстрених заходів для знешкодження наслідків розливів нафти.

У практиці роботи морських портів України знайшли застосування *бонні загородження*. Їх встановлюють з профілактичною метою навколо танкерів, які знаходяться під розвантаженням або завантаженням, а також для огороження суден, що приймають паливо.

У багатьох країнах світу ведеться розробка *фізико-хімічних методів* видалення нафтових плям з поверхні річок і морів. Використовуються також адсорбенти, які у вигляді порошків розпилюються на забруднену водну поверхню і поглинають нафту. Доцільність застосування адсорбентів полягає в тому, що вони сприяють порушенню нафтового шару, котрий перешкоджає надходженню кисню повітря у воду, забруднює узбережжя, призводить до загибелі водоплаваючих тварин і птахів. Пізніше насичені нафтою адсорбенти збираються з водної поверхні відомими методами.

До хімічних реагентів, які застосовуються для ліквідації нафти, відносяться *диспергенти* – речовини, що знижують поверхневий натяг нафтової плівки, розбиваючи її на краплини. У результаті покращуються обмінні процеси з атмосферою і проникнення сонячного проміння, а також прискорюється розклад нафти, але деяка частка нафти та самого реактиву залишається у товщі води або випадає на дно. Можуть застосовуватись лише в за обставин, що загрожують більш тяжкими наслідками.

Перспективним, хоча у багатьох відношеннях проблематичним методом нейтралізації нафтопродуктів, що потрапили у воду, є *біологічний метод*. Існують три основні напрямки застосування цього методу:

- *перший напрямок* – це очистка за допомогою рослин, які засвоюють деякі забруднювальні речовини, що містяться у воді, в тому числі і вуглеводні. Застосування цього методу принципово можливе для біологічної нейтралізації нафтовмісних, наприклад баластних вод в акваторіях портів;

- *другий напрямок* – застосування живих організмів, здатних уловлювати і переробляти забруднювальні речовини, в першу чергу вуглеводні. В цьому плані найбільшою увагою біологів користуються молюски, і зокрема мідії. Вивчення процесів їх життєдіяльності показало, що молюски виконують велику роботу щодо фільтрування води. Так, крупний молюск може пропустити через себе до 70 л води за добу. Проблема полягає в пошуку таких видів молюсків та інших живих істот і цілеспрямовано їх використовувати для очищення води від забруднювальних речовин;

- *третій напрямок* – застосування анаеробних бактерій, які в умовах річки або моря могли б швидко розмножуватися на вуглеводнях, які плавають або розчинені у воді, і перероблювати їх у корисні або нейтральні для гідросфери речовини (біодеструкція).

16.2 Нові екологічно безпечні транспортні технології

Використання альтернативних палив. Перспективним напрямом в боротьбі за зменшення токсичності відпрацьованих газів ДВЗ та збереження ресурсів є перехід до альтернативних палив, які, в основному, не є продуктами переробки нафти. У наш час існує велика кількість замінників нафтових палив для автомобілів.

Доцільність та перспективність, впровадження кожного виду палива оцінюється за техніко-економічними показниками видобування або отримання палива, витратами на транспортування та зберігання, наявністю ресурсів, технологічністю, екологічними показниками та ін. Але переважаючими для визначення доцільності використання різних палив стають зараз саме екологічні показники.

Через дефіцит рідкого палива нафтового походження та зростаючі труднощі у видобутку нафти, а також з метою зменшення забруднення довкілля шкідливими речовинами у наш час здійснюється інтенсивне переведення ДВЗ різного призначення на живлення газоподібним паливом. Найбільш реальни-

ми для широкого вжитку є стиснений природний газ (СПГ), а також газ, що є побічним продуктом нафтопереробних підприємств – зріджений нафтовий газ (ЗНГ).

Основний компонент *природного газу* – метан (82-99 % загального об'єму). Основними його властивостями як моторного палива є нижча теплота згоряння 32-36 МДж/м³ і високе октанове число (майже 100). Природний газ має переваги порівняно з рідким паливом, оскільки він надходить у циліндри в газоподібному стані і виключає розрідження мастильної оливи, навіть під час холодного пуску двигуна. Це збільшує термін його служби та зменшує зношування деталей двигуна. В порівнянні з бензином під час роботи на стисненому газі суміш утворюється більш однорідна, відбувається рівномірний розподіл суміші по циліндрах. У разі використання природного газу як моторного палива, його зберігають у стисненому стані в сталевих балонах під тиском до 20 МПа. Необхідність стискання природного газу до високого тиску спричинює головну проблему, яка стримує широке використання цього виду палива. Для заправки балонів за такого тиску необхідно будувати автомобільні газонаповнювальні компресорні станції високої вартості, де газ, який надходить газопроводами, очищують, фільтрують і стискають.

Як правило, для роботи на газовому паливі переобладнують бензинові двигуни шляхом заміни штатного карбюратора карбюратором-змішувачем з додатковим обладнанням газовою апаратурою. Двигуни в такому разі можуть працювати як на природному газі, так і бензині. Після переведення на газ енергетичні показники двигуна у порівнянні з бензиновим двигуном, покращуються на 15-20 %. Результати порівняльних досліджень автомобілів, які працюють на рідкому та газоподібному нафтових паливах підтверджують суттєве зменшення викидів шкідливих речовин при роботі на СПГ.

Досить широко застосовується переобладнання автомобілів для роботи на *зрідженому нафтовому газі (ЗНГ)*. Високе октанове число дає можливість використовувати ЗНГ для живлення двигунів з іскровим запалюванням і високим ступенем стискання. На відміну від СПГ, який використовують для живлення серійних бензинових двигунів, для ЗНГ, переважно, розробляють двигуни з підвищеним ступенем стискання. Порівняльні дослідження роботи двигуна на бензині та зрідженому газі показують, що переведення на ЗНГ зменшує викиди CO у 2-4 рази, NO_x – в 1,4-1,8 разів. Викиди ж C_mH_n, особливо під час роботи на низьких швидкісних режимах і режимах малих навантажень, збільшуються в 1,2-1,5 рази. Застосування ЗНГ в суто дизельному процесі виключено через високі температури самозаймання суміші. Щоб розширити ресурсну базу, в останній час проводять дослідження щодо живлення двигунів з іскровим запалюванням та дизелів *біологічним газом*.

Використання *синтезованих і гідролізних альтернативних палив, наприкладі водню*, поки що проблематичне, тому що мають місце недоліки, які пов'язані з особливостями роботи двигуна, що працює на чистому водні – зростають небезпеки вибуху водню у випадку розгерметизації системи жив-

лення, тощо. Велика швидкість згоряння водне-повітряної суміші веде до різкого підвищення тиску, жорсткої роботи з детонаційно-подібними явищами.

В останні роки за кордоном вивчається можливість використання **ацетилену** (C_2H_2) як моторного палива. Ацетилен має високі енергетичні показники і його можна виробляти з нафтової сировини. Токсичні показники двигуна покращуються. Так в режимах максимальної потужності отримано зменшення викидів CO у 2-2,5 рази, а C_mH_n в 2,5-3,5 рази, в порівнянні з мінімальними значеннями викидів цих компонентів під час роботи на бензині. Основним недоліком ацетилену та ацетилено-повітряної суміші є їх висока вибухонебезпечність.

Метанол (CH_3OH) отримують гідрогенізацією (приєднанням водню) кам'яного вугілля за високого тиску в присутності каталізатора. Крім вугілля, як сировину використовують природний газ, вапняк, побутові відходи і відходи лісового господарства. Метанол як моторне паливо, має високі характеристики: октанове число близько 100, теплота згоряння – 22 МДж/кг. Високе октанове число дає можливість використовувати метанол для живлення двигунів з іскровим запалюванням і з високим ступенем стискання. Менша практично вдвічі теплота згоряння в порівнянні з бензином призводить до того, що масові витрати метанолу на одиницю виробленої енергії значно більші, що зменшує запас ходу транспортної машини – або спричиняє необхідність значно збільшувати об'єм паливних баків. Потужність двигуна з іскровим запалюванням, що працює на метанолі, на 10-15 % вища, ніж на бензині. Але висока теплота випаровування метанолу значно погіршує пускові властивості двигуна і практично виключає можливість запуску двигуна за низьких температур, навіть за 0 °С. Широке використання в експлуатаційних умовах метанолу замість бензину має такі недоліки: його пари більш шкідливі за пари бензину, гума і деякі синтетичні матеріали нестійкі до метанолу, спостерігається навіть підвищене зношування деяких деталей двигуна. Але за відповідної організації експлуатації та незначних змін деяких деталей двигуна використання метанолу для живлення двигунів з іскровим запалюванням є цілком виправдане. Про доцільність переведення двигунів на живлення метанолом свідчить зменшення викидів більшості шкідливих речовин з ВГ в порівнянні з бензином. Живлення метанолом дає можливість зменшити вміст NO_x завдяки нижчій температурі у циліндрах двигуна в процесі згоряння метанолу. Вміст CO під час роботи двигуна як на бензині та і на метанолі на збагачених сумішах приблизно однаковий, а у випадку складу суміші, що наближається до стехіометричної, на метанолі значно нижчий, внаслідок більш повного згоряння. З цієї ж причини вміст C_mH_n на метанолі становить 25-33 % вмісту вуглеводнів на бензині. Кількість альдегідів під час роботи на метанолі збільшується приблизно в 2 рази в порівнянні з роботою на бензині. Викид поліциклічних вуглеводів, які мають канцерогенні властивості, у випадку роботи на метанолі у 10 разів менший. Разом з тим не утворюється сажа і відсутні сполуки сірки. Таким чином, загальна токсичність двигуна з іскровим запа-

люванням під час роботи на метанолі значно менша ніж за роботи на бензині. Метанол можна використовувати і в дизельних двигунах.

Перспективним паливом для двигунів вважається також етанол (C_2H_5OH), який отримують в основному з рослинної сировини. Властивості етанолу як моторного палива близькі до метанолу. Переведення двигуна на етанол дозволяє забезпечити його стабільну роботу і низькі викиди забруднювальних речовин, про що свідчать низькі концентрації вуглеводнів C_mH_n в усьому діапазоні навантажень. Концентрація CO у ВГ за роботи на різних видах палива практично однакова.

Останнім часом в нашій країні і за кордоном вивчається проблема заміни бензину і дизельного палива *рослинною олією*. Ріпакову олію, як і олію інших культур, можна використовувати у вигляді добавок до дизельного палива або продукувати з неї метилефір, який безпосередньо використовується як паливо для дизелів. Метилефір отримують з олії *трансетерифікацією* (хімічним перетворенням). Для одержання 1000 літрів метилефіру потрібно 1000 літрів олії, 110 літрів метанолу та 16 літрів каталізатора (гідроксиду калію або натрію). У результаті додатково одержують 110 кг гліцерину та відбувається часткове повернення метанолу.

За умови роботи дизеля на сумішах ріпакової олії і дизельного палива зміна концентрацій шкідливих компонентів ВГ (CO , C_mH_n , NO_x , CO_2) і їх димність мають такий же характер як і для звичайних дизелів. Під час роботи дизеля на ріпаковій олії викиди оксиду вуглецю на один кілометр шляху дещо зростають, порівнюючи з дизельним паливом (2,48 і 1,67 г/км відповідно), а викиди вуглеводнів та оксидів азоту зменшуються. Окрім того ВГ такого дизеля не містять сірки і важких металів.

Слід зауважити, що перспектива використання біопалива є дискусійною і неоднозначно трактується різними дослідниками, а в деяких випадках може спричинити і соціальні конфлікти внаслідок подорожчання їжі в зв'язку з використанням великої площі с/г-угідь для вирощування олієносних рослин. За оцінками деяких дослідників для виробництва біопалива витрачається така кількість енергетичних ресурсів (польові роботи, добрива, агрохімія, виробництво палива), яка співрозмірна з кількістю, отриманого палива.

Перспективним є виробництво біодизелю з спеціально культивованих водоростей (цей процес активно досліджується в різних країнах світу).

Використання нових видів екологічнобезпечних транспортних засобів. Впровадження нових екологічнобезпечних видів транспортних засобів тісно пов'язане із використанням виду енергії, що виключає спалювання палива (електрична, електромагнітна) або із використанням відновлювальних видів палива чи джерел енергії.

Що відноситься до автомобільного транспорту, то можна виділити такі перспективні напрямки його екологізації: використання автомобілів, які працюють на біопаливі (біодизель, етанол, біогаз); використання гібридів та електромобілів; використання автомобілів, які працюють на водні (або метанолі)

з використанням паливних елементів (fuel cell), коли водень реагує з киснем з виробництвом електроенергії.

Першим кроком у використанні гібридів та електромобілів є використання **автомобілів-гібридів**. Найбільш популярний гібрид – Toyota Prius. В процесі гальмування та тоді, коли потужність двигуна використовується нерационально, включається зарядка акумуляторів. Акумулятована енергія пізніше витрачається тоді, коли вона потрібна для різкого розгону або руху на малій швидкості.

Другий крок – plug-in hybrid – **гібрид з підзарядкою**. Від попереднього гібриду відрізняється тим, що акумулятор додатково можна зарядити до максимуму перед виїздом і таким чином на ньому проїхати 10-50 км. Така стратегія реалізована в автомобілі Chevrolet Volt. У цього автомобіля немає прямого приводу від ДВЗ, двигун приводить в дію генератор, а генератор живить електродвигун. За рахунок цього ДВЗ може працювати на оптимальній частоті обертання колінвалу.

Крок 3 – **електромобіль, без ДВЗ**. На сьогодні такі автомобілі досить дорогі, але дозволяють проїжджати до 500 км на одній зарядці, залежно від моделі та виробника. Із електромобілів бізнес-класу найбільш відомий Tesla Roadster, з «бюджетних» – Nissan Leaf, Mitsubishi MiEV. В ряді країн, де починається випуск та експлуатація електромобілів, частину вартості авто платить держава для прискорення розвитку цього напрямку.

Щодо **автомобілів, які працюють на водні**, то до сьогоднішнього дня не зустрічається публікацій щодо планування їх промислового виробництва. Можливо тому, що вартість їх буде ще більша за рахунок ціни паливного елемента, для виготовлення якого використовується платина та інші дорогі матеріали. Недоліком цього напрямку також є те, що водень добувають з води електролізом і на процес виробництва водню, його стискування та зберігання витрачається набагато більше електрики ніж пізніше в загальному можна з нього добути. Тому як енергоакумулятор водень не є вигідним.

Щодо перспектив розвитку залізничного транспорту, то слід відмітити, що в ряді країн впроваджуються **поїзди на магнітній підвісці**. Поїзди на магнітній підвісці ніби плывуть над рейками. Електромагнітні поля створюються струмом, який проходить обмотками електромагнітів, розміщених уздовж рейки і під поїздом. Одноименні полюси відштовхуються, і поїзд рухається в сильному магнітному полі. Під час руху такого потягу між рельсом і вагонами потягу практично відсутнє механічне тертя, що значно підвищує коефіцієнт корисної дії порівняно зі звичайним потягом. Експериментальні поїзди на магнітній подушці в Німеччині та Японії розвивають швидкість до 400 км/год.

Тенденцією екологізації авіаційного транспорту є впровадження **біопалива**. Фінська нафтова компанія Neste Oil розробила технологію виробництва відновлювального палива шляхом гідрогенізації рослинних і тваринних жирів, що отримала назву NEXBTL. Відновлювальне дизельне паливо NEXBTL протягом кількох років демонструє свою придатність для використання у двигунах автомобілів у 100 % концентрацій.

Завдання на самопідготовку

Закріпити отримані на лекції знання та підготувати доповіді на тему:

1. Технологія виробництва відновлювального палива NEXBTL.
2. Водневі автомобілі. Електромобілі.
3. Концептуальні транспортні технології.
4. Локалізація та ліквідація нафтотранспортних аварій.

Питання для самоконтролю

1. Наведіть систему заходів мінімізації негативного впливу від спалювання палива.
2. Яким чином раціональною експлуатацією автомобілів можна зменшити забруднення довкілля?
3. Дайте описання основним способам нейтралізації та уловлювання шкідливих речовин відпрацьованих газів автомобільного транспорту.
4. Опишіть можливості утилізації найбільш небезпечних відходів та забруднювальних речовин від транспортних засобів.
5. Яким чином можна здійснювати попередження забруднення водного басейну морським та річковим транспортом?
6. Охарактеризуйте основні альтернативні палива, які можна використовувати на транспорті.
7. Опишіть екологічні особливості застосування на транспорті різних альтернативних палив.
8. Наведіть основні перспективні напрями екологізації автомобільного транспорту.
9. Які сучасні екологобезпечні транспортні засоби Вам відомі?
10. Опишіть перспективи розвитку залізничного транспорту.

ЛЕКЦІЯ 17. ЖИТЛОВО-КОМУНАЛЬНЕ ГОСПОДАРСТВО

План

- 17.1. Водопостачання.
- 17.2. Водовідведення.
- 17.3. Методи очищення стічних вод.
- 17.4. Утилізація твердих побутових відходів.
- 17.5. Паливно-енергетичне господарство.
- 17.6. Господарство з озеленення населених пунктів та транспортне господарство

Завдання на самопідготовку

Житлово-комунальне господарство є однією із провідних галузей народного господарства, яка забезпечує матеріально-культурні та побутові потреби населення міст та селищ міського типу.

17.1 Водопостачання

Системою водопостачання називають комплекс інженерних споруд, машин та апаратів, які призначені для добування води з природних джерел, поліпшення її якості, зберігання, транспортування та подачі водоспоживачам. Вона складається із водоприймальних, водопідйомних, очисних, водонапірних та регулюючих споруд, магістральних водоводів та розподільних мереж, засобів автоматизації.

Господарсько-питні системи водопостачання подають воду для пиття, приготування їжі та проведення санітарно-гігієнічних процедур. Вода в цій системі повинна бути питної якості. *Виробничі водопроводи* подають воду на технологічні цілі. *Протипожежні системи* водопостачання призначені для подачі води під час гасіння пожежі.

Взаємне розташування окремих елементів та споруд у кожній конкретній системі водопостачання називають *схемою водопостачання*.

Схема водопостачання з відкритих джерел як правило має найбільшу будівельну вартість і досить складна в експлуатації, оскільки вимагає наявності водоочисних та інших споруд. За цією схемою вода з відкритої водойми надходить до водозабірних споруд, з яких насосами станції першого підйому подається на очисні споруди. На водоочисній станції поліпшується якість води, після чого вона подається в резервуар чистої води (РЧВ), звідки насосами станції другого підйому водоводами подається до водопровідної мережі водоспоживачам.

На територіях населених пунктів (переважно у найвищих місцях) споруджують *водонапірні башти*, які як і РЧВ, призначені для зберігання води, регулювання роботи насосів та підтримання у мережі необхідного напору. Накопичення води в башті відбувається в той час, коли насоси подають води більше, ніж її втрачають споживачі – витрачається вода з бака тоді, коли споживання перевищує подачу.

Для водопостачання частіше використовують підземні води, які мають порівняно з поверхневими менший вміст різних домішок, у тому числі і радіоактивних, що обумовлює простіший склад водопровідних споруд для очищення води.

Україна й досі залишається країною з низьким водозабезпеченням на одного жителя. Серед країн СНД вона займає 13-тє місце. Незважаючи на це, середньодобове водоспоживання на одного жителя в Україні становить 320-400 л. Це в 1,5-2 рази перевищує середній рівень водоспоживання у країнах Європи. Такі високі показники можна пояснити тим, що не вся вода доходить до споживача, частина її, а це понад 15 %, втрачається у мережах водопостачання (витікання, оскільки 21 % мереж зношені і потребують поновлення).

Важливим залишається питання якості питної води. На думку експертів ВОЗ, приблизно 80 % усіх хвороб у світі пов'язані з поганою якістю питної води. Діючі в Україні санітарні правила охоплюють 1350 інгредієнтів, ідентифікованих у водних джерелах, а чинний ДСТУ «Вода питна» містить тільки 28 показників. Проте у 232 населених пунктах України якість води не відповідає навіть державному стандарту. Сьогодні водопостачання більшості міст базується цілком на підземних водах (62 %), в 21 % міст є змішані джерела водопостачання і менше 17 % міст використовують поверхневі джерела.

17.2 Водовідведення

Забезпечення належного санітарного стану населених пунктів та промислових підприємств можливе тільки за умови організованого збору та своєчасного видалення за межі їх території стічних вод з наступним очищенням та знезараженням.

Каналізація населеного пункту – це комплекс інженерних споруд та обладнання, які призначені для прийому та транспортування стічних вод до очисних споруд. Система каналізації населеного пункту складається з цілого комплексу елементів та підсистем.

Внутрішнє каналізаційне обладнання призначене для прийому стічних вод та відведення їх за межі будинку.

Вуличні каналізаційні мережі – це система підземних трубопроводів, які приймають стічні води від дворових (квартирних) мереж і призначені для транспортування стічних вод у межах населеного пункту. Каналізаційні мережі будують переважно самопливними, прокладаючи їх відповідно до рельєфу місцевості. Територія поділяється на басейни каналізування. **Басейном каналізування** називають частину території, що каналізується і обмежена водорозділами.

Каналізаційні мережі класифікують за призначенням:

- мережі, призначені для відведення атмосферних вод, називають *дощовими мережами*, або *водостоками*;
- мережі, призначені для відведення побутових вод – *побутовими*;
- мережі для відведення виробничих стічних вод – *виробничими*. Влаштовують також мережі для спільного відведення різних видів стічних вод (побутово-виробничі, виробничо-дощові, тощо).

Вуличні каналізаційні мережі в межах кожного басейну об'єднуються одним або декількома **колекторами** (каналізаційний трубопровід, який збирає стічні води з двох або декількох вуличних мереж). У випадку значних заглиблень самопливних каналізаційних трубопроводів влаштовують *насосні станції підйому та перекачування стічних вод*.

Повна роздільна система каналізації передбачає не менше двох мереж:

- одну – для прийому та відводу побутових та близьких до них за складом виробничих стічних вод на очисні споруди;

- другу – для прийому та скиду у водоймище атмосферних та умовно чистих виробничих стічних вод.

Неповна роздільна система передбачає відвід побутових стічних вод закритою мережею на очисні споруди та неорганізований відвід у водоймище атмосферних вод. В Україні застосовується переважно.

Класифікація стічних вод. Воду, що була використана для різних потреб у побуті або на виробництві і отримала додаткові домішки (забруднення), які змінили її хімічний склад або фізичні властивості, називається **стічною водою**. За походженням та характером забруднень всі стічні води поділяють на побутові (господарсько- фекальні), виробничі та атмосферні.

До *побутових* відносяться води від кухонь, туалетних кімнат, душових, лазень, пралень, їдалень, лікарень, а також господарські води, що утворюються від миття приміщень. Вони надходять як від житлових та громадських будинків, так і від побутових приміщень промислових підприємств. Склад побутових стічних вод відносно постійний і характеризується в основному органічними забрудненнями (близько 60 %) в нерозчиненому, колоїдному та розчиненому стані, а також різними бактеріями та мікроорганізмами, у тому числі й патогенними.

Виробничі стічні води утворюються в технологічних процесах виробництва. Склад та концентрація забруднень виробничих стічних вод дуже різноманітні і залежать від виду та технології виробництва, вихідної сировини та різних компонентів, які присутні в технологічному процесі. Виробничі стічні води можуть мати органічні, мінеральні, радіоактивні домішки, а також шкідливі та отруйні речовини. Виділяють забруднені та умовно чисті виробничі стічні води. Приклад умовно чистих стічних вод – вода, що використовувалась для охолодження в теплообмінних апаратах.

Атмосферні стічні води утворюються від випадання дощу або розтанення снігу та містять в основному мінеральні і в меншій кількості органічні забруднення. Атмосферні стічні води, які утворюються на території промислових підприємств, містять відходи та скиди відповідних виробництв. Слід відзначити велику нерівномірність надходження цих вод. У суху погоду вони відсутні, а під час зливи їх кількість буває значною.

Забруднення стічних вод можуть бути *мінеральними та органічними*.

До мінеральних забруднень належать пісок, глина, шлак, розчини мінеральних солей, кислот та лугів.

Органічні забруднення бувають *рослинного та тваринного* походження. Забруднення рослинного походження містять залишки рослин, плодів, злаків, овочів, паперу. З хімічної точки зору у цих забрудненнях в основному міститься вуглець у вигляді клітковини. Органічні забруднення тваринного походження містять фізіологічні відходи людей та тварин, жирові речовини, органічні кислоти тощо. Основним хімічним елементом цих забруднень є азот у вигляді білкових речовин. Стічні води крім вуглецю та азоту містять фосфор, калій, сірку, натрій та інші хімічні сполуки. Виділяють також так звані бакте-

ріальні та біологічні забруднення, які в стічних водах представлені різними бактеріями, дріжджовими та пліснявими грибками, дрібними водоростями.

За фізичним станом забруднення, що містяться в стічних водах, можуть бути у вигляді розчину, колоїдів, суспензії та нерозчинених домішок. Залежно від розмірів частинок, їх густини та швидкості руху стічних вод, нерозчинені речовини можуть спливати на поверхню, знаходитись у завислому стані у воді та осідати на дно. Ступінь забруднення стічних вод оцінюється концентрацією, тобто масою домішок в одиниці об'єму в мг/л або г/м³.

17.3 Методи очищення стічних вод

Методи очищення стічних вод за характером впливу на воду поділяються на механічні, фізико-хімічні, хімічні, біохімічні та ін. У всіх випадках, першою стадією є механічне очищення.

Механічне очищення стічних вод використовують з метою підготовки стічних вод для більш глибокого очищення іншими методами. Механічне очищення забезпечує видалення завислих часток та зниження кількості органічних забруднень (за показником БСК до 20-25 %), його здійснюється за одним із таких методів:

- подрібнення великих за розміром забруднень у менші за допомогою механічних пристроїв;
- відстоювання забруднень зі стоків за допомогою пісковловлювачів та відстійників;
- розділення води та забруднювачів за допомогою центрифуг та гідроциклонів;
- вилучення механічних домішок за допомогою елеваторів, скребків та інших пристроїв, фільтрування стоків через сітки, сита, спеціальні фільтри, а найчастіше шляхом пропускання їх через пісок.

Вибір методу механічного очищення стічних вод залежить від розміру частинок, властивостей та концентрації забруднюючих речовин, витрат стічних вод необхідного ступеня їх очищення.

Спочатку стічні води проціджують через **решітки** і **сита** з метою вилучення з них грубих частинок (15-20 мм) для запобігання кольматації трубопроводів. Швидкість стічної води на решітці не повинна перевищувати 0,8-1,0 м/с за максимального потоку стічних вод. Під час роботи решітка повинна постійно очищатися механічним способом за допомогою вертикальних або поворотних граблів. Усунені з решітки домішки подрібнюють у спеціальних дробарках і скидають у потік стічної води за решіткою або спрямовують на переробку. Решітки можуть бути як рухомими, так і нерухомими. Вони використовуються для видалення найбільш грубих частинок.

Для видалення дрібніших зважених частинок застосовують **сита** двох типів: барабанні та дискові. Перші – сітчасті барабани з отворами 0,5-10 мм. В процесі обертання барабану стічна вода фільтрується через його зовнішню

або внутрішню поверхню залежно від подачі води. Затримані домішки змиваються з сітки водою і відводяться в жолоб.

Для відстоювання грубодисперсних домішок в стоках використовують осадження, яке відбувається під дією сили тяжіння. Для здійснення процесу осадження використовують *пісковловлювачі, відстійники, освітлювачі*. У *освітлювачах* одночасно з відстоюванням проходить фільтрування вод через шар завислих частинок.

Пісковловлювачі використовують для попереднього виділення мінеральних та органічних завислих частинок із стічних вод, і поділяються на горизонтальні та вертикальні. Горизонтальні пісковловлювачі є резервуарами прямокутного або трапецієвидного поперечного перерізу, причому швидкість руху стічної води в них не повинна перевищувати 0,3 м/с. Продуктивність таких пісковловлювачів знаходиться в межах 1400-70000 м³/добу. Осад, який збирається у конічному дні, направляють на переробку або у відвал. Вертикальні пісковловлювачі мають прямокутну або коловидну форму, а швидкість руху в них стічних вод, які рухаються вертикальним висхідним потоком, знаходиться в межах 0,05 м/с. Типи та конструкції пісковловлювачів вибирають залежно від пропускної здатності очисних споруд, складу стічних вод і їх кількості. З пісковловлювачів вода надходить на первинні відстійники.

Відстійники поділяються на апарати періодичної та безперервної дії. За напрямком руху води вони поділяються на горизонтальні, вертикальні та радіальні. За рахунок значних габаритних розмірів пропускна здатність відстійників досягає 15000-20000 м³/добу, а їх ефективність складає 60-70 %. Значним недоліком відстійників є тривалість відстоювання (1-3 год.).

Для видалення із стічних вод тонкодисперсних твердих або рідких речовин, видалення яких відстоюванням ускладнено, використовують **фільтрування**. Розділення фаз проводять за допомогою пористих перегородок (або шару зернистого матеріалу), які пропускають рідину і затримують дисперговані частинки. Фільтруючий матеріал повинен мати необхідну пористість, мати механічну та хімічну стійкість. Найбільшого поширення набули **зернисті фільтри**, де як фільтруючий матеріал використовують пісок, дроблений гравій, буре та кам'яне вугілля тощо.

Біологічне очищення – це один із методів очищення стічних вод від багатьох органічних та деяких неорганічних домішок. За характером цей метод аналогічний природним процесам, наприклад, біологічному очищенню організмів, до складу яких входить багато різних бактерій (простих та високоорганізованих), пов'язаних між собою в єдиний комплекс складними взаємовідносинами (метабіозу, симбіозу та антагонізму). Основну роль у цьому комплексі відіграють бактерії, число яких знаходиться в межах від 10⁶ до 10¹⁴ клітинок в одному грамі сухої біомаси. Число родів бактерій може досягати 5-10, а число видів – кілька десятків і навіть сотень. Така різноманітність видів бактерій зумовлена наявністю в стічній воді органічних речовин різних класів. Скорочення видів бактерій можливе, якщо очищення проводять за відсутності розчиненого у воді кисню (в анаеробних умовах) або за надто великого

співвідношення кількості поданих на очищення забруднень та біомаси мікроорганізмів.

У процесі очищення стічних вод беруть участь дві групи бактерій: гетеротрофи та автотрофи. *Гетеротрофи* використовують вуглець з готових органічних речовин, що переробляються ними для отримання енергії, необхідної для біосинтезу клітин. *Автотрофи* для синтезу клітин застосовують неорганічний вуглець, а енергію отримують у результаті фотосинтезу або хемосинтезу (окиснення деяких органічних сполук: аміаку, нітритів, солей двовалентного заліза, сірководню та ін.). Під дією мікроорганізмів можуть протікати окиснювальний (аеробний) або відновлювальний (анаеробний) процеси.

Аеробний процес відбувається за умов, якщо концентрація органічної речовини в очищеній воді, виражена в біологічній потребі у кисні, не перевищуватиме певне значення.

Анаеробний процес часто застосовують для очищення дуже концентрованих стічних вод малярних, лакувальних, машинобудівних, деревообробних та інших промислових підприємств.

Ефективність процесів біологічного очищення залежить від температури, рН середовища, вмісту біогенних елементів, рівня живлення мікроорганізмів, кисневого режиму, вмісту токсичних речовин. Найбільша ефективність біологічного очищення вод виникає за:

- температури в очисних спорудах 20-30 °С;
- рН середовища 5-9 (оптимальне 6,5-7,5);
- достатньої концентрації основних елементів живлення бактерій – органічного вуглецю (БПК), азоту, фосфору тощо;
- постійної концентрації розчиненого кисню не нижче 2 мг/дм³.

Найбільше поширення отримали три групи очисних споруд для біологічного очищення. До першої групи водоочисних споруд відносяться біофільтри, до другої – аеротенки, окситенки; до третьої – занурені біофільтри, аеротенки із наповнювачами.

Біофільтр – це споруда, в корпусі якої розміщується кускова насадка (завантаження) та розподільчий пристрій для стічної води та повітря. У біофільтрах стічна вода фільтрується через шар кускової насадки, покритої плівкою із мікроорганізмів. Мікроорганізми біоплівки окислюють органічні речовини, що використовують як джерела живлення та енергії. Внаслідок цього зі стічної води виводяться органічні речовини, маса активної плівки збільшується. Відпрацьована біоплівка змивається протічною стічною водою та виноситься з біофільтра. Як кускові насадки (завантаження) у біофільтрі використовують: щебінь, гравій, шлак, керамзит, керамічні, пластмасові кільця, куби, кульки, циліндри, тканинні та пластмасові сітки, згорнені в рулон.

За принципом надходження повітря у товщу завантаження, що аерується, біофільтри поділяють на споруди з природною та примусовою аерацією. Перші з них застосовують для потужності до 1000 м³/добу, другі – для значного вмісту органічних речовин у стічних водах або за потужності 1000-40000 м³/добу.

Аеротенки – це залізобетонні аеровані резервуари. Процес очищення в аеротенку відбувається в процесі протікання через нього аерованої суміші стічної води та активного мулу.

Установка працює у такий спосіб: стічну воду подають у первинний відстійник води, де виводяться зважені частинки забруднюючої речовини. Для покращення осаду сюди подається частина надлишкового мулу. Після освітлення вода поступає в переаератор. Сюди ж направляють частину надлишкового мулу із вторинного відстійника, де стічні води попередньо аеруються повітрям протягом 15-20 хв. За необхідності у переаератор можуть вводити нейтралізуючі добавки та живильні речовини. Із переаератора стічна вода подається в аеротенк, через який циркулює також активний мул.

Аеротенк, як правило, поділяється на дві частини: регенератор (25 % від загального об'єму) та аеротенк, в якому відбувається основний процес очищення. Регенератор дає можливість очищати більш концентровані стічні води і збільшити продуктивність агрегату. Перед потраплянням в аеротенк стічна вода повинна містити не більше 150 мг/л завислих частинок і не більше 25 мг/л нафтопродуктів. Потім стічна вода з мулом поступає у вторинний відстійник, де мул відокремлюється від води. Більша частина мулу повертається в аеротенк, а його надлишок спрямовують у переаератор.

Перед тим як стічна вода потрапить в аеротенк, вона повинна пройти механічне очищення. Осад з первинних відстійників збирається та відкачується в **метатенк** на зброджування або через певний проміжок часу (іноді один раз за квартал) випускається на мулові майданчики.

Остання стадія очищення води полягає у її **зnezараженні**. Для цього використовують переважно хлорування. У разі обробки очищених стічних вод хлором їх витримують протягом 20-30 хв. у контактних резервуарах, після чого скидають у відкриті водойми. У результаті механічного та біологічного очищення на біофільтрах, в аеротенках чи метантенках знешкоджується 91-98 % хвороботворних мікроорганізмів.

Аеробні процеси біохімічної очистки можуть проходити також у природних умовах – на *полях зрошення, полях фільтрації та біологічних ставках*.

Очисні споруди. Склад очисних споруд може бути різним, він залежить від методу очищення та виду стічних вод. Очисні споруди розташовують:

- по-перше, якомога ближче до об'єктів каналізування (щоб зменшити довжину відповідного колектора та його вартість);
- по-друге, з підвітряного боку домінуючих вітрів відносно житлової забудови і нижче від неї за течією річки.

Бажано, щоб майданчик мав нахил і в такий спосіб забезпечував самопливний рух стічної води очисними спорудами. Нормативна ширина санітарно-захисних зон між очисними спорудами та межею житлових забудов залежить від методу очищення стічних вод та потужності очисної станції. Наприклад, для споруд механічного та біологічного очищення потужністю до 50 тис. м³/добу ширина захисної зони становить 300-500 м.

Після очищення та знезаражування стічні води через спеціальні споруди, які називають *випусками*, скидають у водоймище.

Виробничі стічні води можуть бути відведені в міську каналізацію, але вони не повинні:

- порушувати роботу каналізаційних мереж та споруд;
- містити речовини, які здатні засмічувати труби каналізаційної мережі або відкладатися на стінах труб;
- виявляти руйнівний вплив на матеріали труб та елементи споруд каналізації;
- містити горючі домішки та розчинні речовини, які здатні утворювати вибухонебезпечні та токсичні гази в каналізаційних мережах та спорудах;
- містити шкідливі речовини в концентраціях, які порушують роботу очисних споруд або перешкоджають використанню вод у системах технічного водопостачання чи скиду в водні об'єкти (з врахуванням ефективності очищення).

17.4 Утилізація твердих побутових відходів

Забезпечення життєдіяльності людини пов'язано також з появою величезної кількості твердих побутових відходів (ТПВ). Цьому сприяє значне зростання в останні десятиріччя споживання ресурсів, товарів у всьому світі. Питомі показники утворення відходів за даними Мінжитлокомунгоспу України в середньому становлять 250 кг/рік на душу населення, а у великих містах досягають 330-380 кг/рік і їх кількість щорічно збільшується на 3,5 %. В даний час маса потоку ТПВ, що виробляється та надходить щорічно в біосферу, досягла величезних масштабів і становить близько 400 млн тонн на рік, що негативно впливає на санітарно-епідеміологічне благополуччя населених пунктів.

ТПВ, які спеціалізованим транспортом вивозяться із місць їх збору населенням, потрапляють на полігони ТПВ. **Полігони ТПВ** – це складні інженерні споруди, у яких передбачена гідроізоляція водоносних горизонтів, створення обвідної дренажної системи для збирання дощових вод та фільтрату, відповідних збирачів (дренажних колодязів), що характеризуються певним об'ємом, установок очищення інфільтратів, створення системи збору та відводу біогазу.

Більшість функціонуючих на сьогоднішній день місць збору ТПВ створювались всередині минулого століття, коли нормами проектування не передбачалось облаштування вказаних вище систем. Такі місця збору ТПВ або зовсім не обладнані вказаними інженерними комунікаціями, або обладнані ними частково, а тому більш коректною є назва «*звалища ТПВ*».

За минулий період в масі ТПВ існуючих звалищ ТПВ накопичилось значні запаси біогазу. У зв'язку з низькою густиною та досить великою проникністю сміття, частина біогазу, який утворюється, вивільнюється у повітря, забруднюючи атмосферу. Термін експлуатації практично всіх існуючих звалищ ТПВ на Україні або вичерпаний, або на межі закінчення.

Для збирання та відведення фільтрату з полігонів використовується **дренажна система**, яка складається з шарового дренажу та дренажних труб. Всі матеріали, які використовуються в дренажній системі, повинні бути хімічно та біологічно стійкими і підбиратися так, щоб фізико-хімічні властивості фільтрату та механічна дія відходів не шкодили б системі.

В дренажі використовуються перфоровані труби або труби з прорізами діаметром не менше 300 мм. Труби вкладають на поверхні гідроізолюваного шару для того, щоб фільтрат відводився з всього дна полігону. Як шаровий дренаж використовується матеріал округлої форми з розміром частинок 16-32 мм. Також для відведення фільтрату використовується контрольний насос для відкачування фільтрату. Дренажні води, що утворюються на полігоні, збираються в контрольні ставки, а потім подаються на очищення.

17.5 Паливно-енергетичне господарство

До складу паливно-енергетичних господарств як галузі комунальної енергетики входять підприємства та організації, що забезпечують електроенергією, газом, теплом населення міста, промисловість та інших споживачів.

Електропостачання – це комплекс технічних засобів і організаційних заходів для забезпечення споживача електроенергією; надання електричної енергії споживачу за допомогою технічних засобів передачі та розподілу електричної енергії на підставі договору.

Система електропостачання міста включає елементи енергетичної системи, що забезпечують розподіл електроенергії споживачам. До міських електричних мереж відносяться:

- мережі електропостачання *напругою 110 (35) кВ і вище*, до складу яких входять кільцеві мережі зі знижуючими підстанціями (ПС), лінії і підстанції глибоких вводів;
- розподільні мережі *напругою 10 (6)...20 кВ*, до складу яких входять трансформаторні підстанції (ТП) і лінії, які з'єднують центри живлення з ТП та ТП між собою;
- розподільні мережі *до 1000 В*.

Мережа електропостачання виконує дві основні функції: здійснює паралельну роботу джерел живлення і розподіляє енергію серед районів міста. Подібні мережі виконують у вигляді кільця. Напруга кільцевої мережі визначається розмірами міста. Для великих і дуже великих міст вона виконується на напругу 110...220 кВ.

Теплопостачання. Джерелами теплопостачання житлового та нежитлового громадського фонду та деяких невеликих приватних підприємств у містах та селищах є теплоелектроцентралі (ТБЦ) та котельні. Кожна система централізованого теплопостачання незалежно від розмірів включає три основні елементи: джерело тепла, теплову мережу та споживача.

Система теплопостачання – це комплекс пристроїв, що продукують теплову енергію і доставляють її у вигляді пари, гарячої води або підігрітого повітря споживачеві.

Котельні – це комплекс пристроїв та агрегатів, призначених для одержання пари або гарячої води за рахунок спалювання палива або використання інших джерел теплоти. Сучасна котельня складається з котельного агрегату та допоміжного обладнання, що служить для підготовки та подавання палива, води та повітря, видалення та очищення димових газів, видалення золи та шлаку (у випадку спалювання твердого палива) тощо. Котли, які призначені для одержання пари, називають *паровими*, а для одержання гарячої води – *водогрійними*. Котли, що використовують теплоту відхідних газів якогось виробництва, називають *котлами-утилізаторами*. Котли, що використовують енергію Сонця – *геліокотлами*. За видом спалюваного палива розрізняють котли, що працюють на твердому, рідкому та газоподібному паливі. Котельні установки, що постачають паром турбіни електричних станцій, називають *енергетичними*, котельні установки, що виробляють пару для промислових підприємств – *виробничими*, або *промисловими*.

Основними характеристиками парових котлів є: паропродуктивність, тиск пари, температура пари та живильної води; водогрійних котлів – теплова потужність, температура гарячої та зворотної води, розрахунковий тиск у котлі. *Номінальною продуктивністю* котла називають його найбільшу продуктивність (т/год або кг/с), яку забезпечує котел у процесі тривалої експлуатації та спалювання основного виду палива для цього котла, за номінальних параметрів пари та температури живильної води. Теплова потужність водогрійних котлів визначається кількістю теплоти, мВт, що відпускається котлом за одиницю часу. У водогрійних котлах основною характеристикою гарячої води є її температура на виході з котла.

У більшості міст та населених пунктів для комунальних потреб в основному використовують гарячу воду, відповідно для її виробництва застосовують водогрійні котли, які переважно працюють на газу.

У зв'язку з холодним кліматом на більшій частині території України витрата палива на виробництво теплоти для опалення, гарячого водопостачання та нагріву повітря в житлових будівлях дуже велика – приблизно 30 % від усього видобутого твердого та газоподібного палива.

У нашій країні житлові будинки в містах та робітничих селищах отримують тепло від *теплоелектроцентралей*. Розповсюдження систем централізованого теплопостачання є головним напрямком розвитку цієї галузі, оскільки дозволяє отримати значну економію палива (до 20-30 %). Одним з недоліків систем гарячого водопостачання, приєднаних до централізованого теплопостачання, є досить великі витрати гарячої води. В житлових будинках вони в 2-3 рази більші, ніж у випадку використання індивідуальних газових водонагрівачів. Відчутний ефект дає встановлення лічильників води – витрати води зменшуються на 20-40 %.

17.6 Господарство з озеленення населених пунктів та транспортне господарство

У комплексі заходів щодо очищення атмосферного повітря сучасного міста від забруднень та зниження рівня шуму особливе значення надається міським зеленим насадженням – гігантським зеленим фільтрам (паркам, садам, бульварам). У деяких випадках зелені насадження захищають міські об'єкти від шкідливих викидів, що проникають з суміжних районів, в інших випадках – локалізують та поглинають викиди промислових підприємств та транспорту. Зелені насадження сприяють утворенню постійних повітряних течій, які переміщують та розбавляють повітря, виносячи шкідливі гази у верхні шари атмосфери.

До міського транспорту відносяться автобуси, трамваї, тролейбуси, метрополітен. Електротранспорт функціонує у 53 (трамвай – у 24, тролейбус – у 46) містах України. Трамваї та тролейбуси отримують електроенергію від енергосистем, що обумовлює високий ККД транспорту. Недоліком цих видів транспорту є залежність пересувного складу від системи електропостачання. Окрім того, трамвайні лінії є джерелом блукаючих струмів, котрі викликають корозію підземних металевих споруд. Перевагою автобусів є їх повна автономність, вони можуть рухатися за будь-яким маршрутом за умови нормального шляхового покриття. Однак недоліками автотранспорту є забруднення повітря відпрацьованими газами.

Завдання на самопідготовку

Закріпити отримані на лекції знання та підготувати доповіді на тему:

1. Проблеми звалищ твердих побутових відходів.
2. Особливості влаштування полігонів твердих побутових відходів.
3. Озеленення населених пунктів.
4. Перспективи будівництва і використання метантенків.

Питання для самоконтролю

1. Дайте загальну характеристику системи водопостачання населених пунктів.
2. Що таке каналізація населеного пункту? Як каналізаційні мережі класифікують за призначенням?
3. Які методи механічного очищення стічних вод Вам відомі?
4. Охарактеризуйте методи біологічного очищення стічних вод.
5. Яким чином в Україні організовується утилізація твердих побутових відходів?
6. Що в себе включає паливно-енергетичне господарство?
7. Для чого в населених пунктах організовують озеленення?
8. Дайте характеристику транспортного господарства населених пунктів.

ЛЕКЦІЯ 18. ВПЛИВ НА ДОВКІЛЛЯ ЖИТЛОВО-КОМУНАЛЬНОГО ГОСПОДАРСТВА

План

18.1. Використовувані ресурси.

18.2. Вплив на навколишнє середовище.

18.3. Заходи зі зниження рівня негативного впливу на навколишнє середовище та його попередження.

18.4. Нові екологобезпечні технології.

Завдання на самопідготовку

18.1 Використовувані ресурси

Для систем водопостачання ресурсами є підземні чи поверхневі води, а ціллю діяльності – організація технології очищення цих вод до якісних показників, які б дозволили їх використовувати як питні води, а також транспортування отриманої питної води до споживача. Для кожного конкретного населеного пункту вибір типу ресурсу для приготування питної води, технології очищення води та способу її доставки споживачу визначаються конкретними умовами.

Ресурсами систем каналізації та утилізації твердих побутових відходів є відходи систем життєдіяльності суспільства – стічні води та тверді побутові відходи.

Ресурсами систем електропостачання є електрична енергія, проблеми вироблення якої детально озвучені у другому розділі, а процеси транспортування – у п'ятому розділі підручника.

Ресурсами систем теплопостачання є теплова енергія, для вироблення якої використовується технічна вода та джерела енергії – електричної, палива, сонця, надр і т.п. (більш детально розглянуто у другому розділі цього підручника).

Ресурсами зеленого господарства є дерева, кущі, квіти, а ресурсами транспортного господарства – різні види транспорту.

18.2 Вплив на навколишнє середовище

Вплив на довкілля систем каналізування

Забруднення обумовлено перш за все скидами у водойми неочищених та недостатньо очищених стічних вод. Понад 400 міст та селищ не мають систем централізованої каналізації. Знос обладнання насосних станцій та очисних споруд каналізації складає 65-100 %. Щоденно у водойми скидається понад 1,5 млн м³ неочищених і недостатньо очищених стічних вод.

Вкрай важке становище в Україні з обробкою осадів стічних вод. Споруди з їх обробки забезпечують потреби лише на 30-60 %, крім того, з підвищенням вмісту в осадах важких металів вони не вивозяться на поля, та займають площі, котрих і так не вистачає. Через це значно погіршується склад

стічних вод. Головним методом обезводнювання осадів в Україні залишаються мулові ставки та майданчики, що викликає низку екологічних проблем. Механічне зневоднювання на вакуум-фільтрах, фільтрах-пресах, центрифугах впроваджується вкрай повільно. Головна причина – відсутність високомолекулярних флокулянтів, а точніше, недостатнє фінансування галузі. Застосування флокулянтів для зневоднювання осаду стічних вод на мулових майданчиках з дренажем у 10 разів скорочує їх територію. Використання відпрацьованого мулу для добування біогазу в Україні практично не застосовується.

У складі комунальних стоків є фекальні води, які особливо небезпечні для здоров'я людини, адже у їхньому складі є яйця гельмінтів, а також мікроби та віруси, що спричиняють виникнення багатьох хвороб.

Окрім господарсько-побутових стічних вод у водні об'єкти відводять з міської території і поверхневі стоки (дошові, талі стічні води), які скидаються без очищення.

В таблиці 18.1 наведений хімічний склад (усереднені дані) дощових та талих стічних вод, а в таблиці 18.2 – неочищених міських стоків.

Таблиця 18.1 – Хімічний склад дощових і талих стічних вод

Показники	Концентрація, мг/л	Показники	Концентрація, мг/л
ХПК	90 – 290	Азот	10-70
БПК	190 -560	Фосфати	4-12
Завислі речовини	110-360	Хлориди	60 – 330
Нафтопродукти	1 – 18	Сульфати	50-270

Таблиця 18.2 – Хімічний склад міських стічних вод

Показники	Концентрація, мг/л	
	Дощові стічні води	Талі стічні води
Завислі речовини	300 – 2500	2000 – 4000
ХПК	400 – 750	500 – 3500
БПК	5 0-100	100-300
Нафтопродукти	5- 16	10-30
Азот	2,5-6	3-8
Фосфор	0,5-1	0,5-2
Сухий залишок	250 – 450	250 – 450

Вплив на довкілля технологій утилізації ТПВ

Маса світового об'єму ТПВ щорічно складає ~400 млн тонн, з яких тільки 80 % знешкоджується шляхом складування на звалищах та полігонах. В Україні ТПВ захоронюються на 4,5 тис. сміттєзвалищах і полігонах загальною площею майже 7,8 тис. га. До того ж, в приватному секторі через відсутність належної системи збору ТПВ утворюються тисячі стихійних звалищ, які не піддаються точному обліку. На сучасному етапі розвитку суспільства кожна людина за даними статистики в середньому за одну добу створює близько 1 кг ТПВ, і це явище має тенденцію до постійного зростання.

На сьогоднішній день ТПВ – це суміш, яка складається з різного типу відходів як побутового так і промислового походження. Їх кількість залежить від пори року, побутових та харчових потреб людини, розвитку економіки товарів народного вжитку, тари та інших чинників. У порівнянні з 2000 роком в ТПВ зросла питома частка паперу та пластику, а знизилась – скла, металів та харчових продуктів. Ці зміни складу ТПВ підтверджують світову тенденцію до збільшення кількості паперу та пластику в побутових відходах за рахунок сучасних видів упаковки товару.

Будь-яке звалище ТПВ, навіть те, що експлуатується досить короткий період, завжди є джерелом забруднення, здатних негативно впливати на довкілля. Із збільшенням терміну експлуатації звалища негативний вплив на прилеглу територію зростає. Як показали дослідження на офіційних звалищах ТПВ, навіть в робочому режимі в повітрі над звалищем концентрація аміаку складає близько 30 ГДК. Зафіксована значна кількість різноманітних органічних та неорганічних сполук, емісія яких в атмосферу перевищує допустимі норми. Оскільки в результаті біохімічних процесів температура в тілі звалища зростає, то часто спостерігається активне горіння або тління складованих відходів. Над територією, де спостерігається тління відходів, в атмосферу викидається метан, оксид вуглецю (2 ГДК), аміак (11 ГДК), фенатрен, антрацен. Над зоною активного горіння концентрації оксиду вуглецю зростають до 49-150 ГДК, оксиду сірки – 40-200 ГДК, оксиду азоту – 50 ГДК, аміаку – 9 ГДК, бензолу – 42 ГДК. Крім цього фіксуються викиди метану, флуорену, фенатрену, антрацену, етану, етилену, пропану, пропілену, норм-бутану, органічних сполук класу фенолів, заміщених нафталінів та фенатренів, аліфатичних та ароматичних вуглеводнів.

Проблема забруднення гідросфери загострюється за неналежної експлуатації звалища, за можливості надходження фільтратів в поверхневі водойми. Рідка фаза звалищ ТПВ містить значну кількість органічних та неорганічних речовин, важких металів, завислих часток, мікроорганізмів. За належної ізоляції полігону від підземних горизонтів вдається уникнути їх забруднення, однак, в зоні впливу звалища фіксуються підвищені концентрації амонійного азоту, органічних речовин, завислих часток, металів, хлоридів та інших сполук.

В ґрунтах фіксується надмірний вміст свинцю, миш'яку, олова, марганцю, хрому, цинку, міді, нікелю, різноманітних небезпечних біологічних об'єктів.

18.3 Заходи зі зниження рівня негативного впливу на навколишнє середовище та його попередження

Каналізація

Удосконалення технології очищення, що дозволило б більш повно проводити очищення стоків і відповідно зменшити забруднення довкілля, можна досягти такими методами.

Анаеробний розклад мулу. В зв'язку з тим, що практично у всіх каналізаційних системах України застосовується спільний збір та очищення комунальних стоків та атмосферних опадів, в стічній воді є важкі метали в концентраціях, що не дозволяють застосовувати мул у сільському господарстві. Частково мул використовують для рекультивації земель, але в основному після стадії центрифугування, де вміст вологи знижується до 60-65 %, первинний та надлишковий активний мул поступає на мулові майданчики. Для усунення вологи та біологічної стабілізації мулу необхідні великі площі земель. Мул має неприємний запах, який, особливо під час жаркої погоди, поширюється на житлову та промислову зону. Також під час часткового анаеробного розкладу на мулових полях у атмосферу виділяється метан, який є парниковим газом.

Метод анаеробного розкладу мулу відомий досить давно і є стандартним методом його стабілізації, який додатково дозволяє виробляти із мулу горючий газ метан, який може бути використаний для виробництва електроенергії, тепла, та використовуватись як паливо. Фільтрат від центрифугування переробленого мулу має високу концентрацію амонію. Тому доцільним є впровадження станції окремого очищення фільтрату з використанням новітнього біологічного процесу Анамокс, що дозволить очищати, фільтрат від амонію із значно меншими затратами.

Видалення мікроелементів. Технології очищення стічних вод третього покоління передбачають видалення із стічної води сполук фосфору та азоту. На даний момент скид макроелементів у складі стічних вод регламентується директивою Європейської Комісії 91/271/ЕЕС. Сучасна версія Директиви зобов'язує видалення азоту до рівня 10 мг загального азоту на літр та фосфору до рівня 1 мг загального фосфору на літр. Для уникнення процесу евтрофікації водойм та для гармонізації українського законодавства із законодавством ЄС доцільне прийняття аналогічних норм на викид макроелементів.

Основним методом **вилучення азоту** із стічної води є біологічний метод нітрифікації-денітрифікації. У сучасній системі очищення стічних вод іони амонію переводяться до нітратів (нітрифікація). Другим кроком у вилученні азоту є переведення нітратів до газоподібного азоту в результаті біологічного процесу денітрифікації. Цей процес здійснюється гетеротрофними бактеріями, які в основному належать до грам-негативних альфа та бета класів *Proteobacteria*. Процес протікає у безкисневих умовах, де нітрит та нітрат замінюють кисень у ролі електрон-акцепторів. Оскільки в процесі перетворення використовуються гетеротрофні бактерії, вони потребують джерела вуглецю для отримання енергії та для цілі будівництва нових клітин. Виходячи з цього існує дві схеми проведення процесу нітрифікації-денітрифікації, кожна з яких має свої переваги та недоліки:

- **Пост-денітрифікація.** Безкисневий процес денітрифікації проходить після аеробної стадії окиснення, тому увесь азот переведений у нітратну форму, але відсутність органіки вимагає додавання зовнішнього джерела вуглецю (зазвичай використовується метанол).

- *Пре-денітрифікація.* Безкисневий процес денітрифікації є першою стадією процесу, тому у стічній воді присутні органічні речовини, необхідні для денітрифікації, але більшість азоту є у амонійній формі. У цьому випадку застосовують інтенсивну рециркуляцію потоку після аеробної стадії для притоку нітрату у першу стадію денітрифікації. Процес не вимагає внесення зовнішнього джерела вуглецю але збільшує енергозатрати на очищення. Процес пре-денітрифікації застосовується частіше, хоча у кожному випадку окремо потрібно порівнювати затрати на закупівлю метанолу із затратами на збільшення витрати енергії.

Для *видалення фосфору* застосовуються також два методи.

Першим методом є *хімічне осадження фосфору* у вигляді нерозчинних фосфатів. У цьому випадку у потік стічної води вводяться двох- або трьохвалентні солі металів (в основному солі Fe^{2+} , Fe^{3+} та Al^{3+}) за умови інтенсивного перемішування перед стадією первинного осадження. Проходить реакція з утворенням нерозчинних солей фосфатів відповідних металів, які осаджуються та видаляються разом із первинним мулом.

Другим методом є *біологічне видалення фосфору*, яке включає додаткову анаеробну стадію, де фосфати засвоюються із стічної води і зберігаються у формі поліфосфатів у клітинах бактерій. Цей метод дозволяє уникнути застосування хімічного осадження, але збільшує енергозатрати на очищення. Також, в зв'язку із необхідністю введення ще однієї стадії процесу, постає необхідність у побудові ще одного реактора, що веде до одноразових фінансових затрат та вимог до площі.

Видалення завислих речовин як фінальна стадія очищення. Після вторинного осадження у відстійниках у воді все ще є завислі речовини, що видно неозброєним оком. Це агломерації бактерій, які не повністю осаджуються у відстійниках. Ці бактерії потрапляючи у водний об'єкт, гинуть внаслідок відсутності поживного субстрату і самі стають джерелом забруднення. Тому доцільно їх видаляти у швидких піщаних фільтрах. Звичайно застосовують паралельно декілька фільтрів з почерговим зворотнім вимиванням завислих речовин.

Раціональне використання площі очисних споруд. Законодавством встановлено санітарно-захисну зону для станцій водоочищення продуктивністю від 50 до 280 м³/добу у розмірі 500 м, на якій не можуть бути розміщена житлова забудова та прирівнювані до неї об'єкти, тому площі можуть бути використані лише для промислових об'єктів. Одним із варіантів для використання вільної території є побудова станції виробництва теплової енергії за допомогою теплових насосів. Метод пониження температури стоків для виробництва тепла широко застосовується у ряді держав.

Утилізація ТПВ

Існуючі звалища ТПВ вважаються одним з найбільш небезпечних об'єктів у плані впливу на навколишнє середовище та здоров'я людей. У зв'язку із цим практично у всіх містах України ведеться інтенсивне обговорення перс-

пектив закриття звалищ ТПВ та переходу на іншу технологію управління відходами. Можливими варіантами у новій технології є:

- Новий полігон ТПВ, який проектується та експлуатується у відповідності з українськими нормами та нормами ЄС та дозволяє вилучати енергію відходів у вигляді біогазу.

- Смітгепереробний завод, де сміття, що надходить із системи збору проходить попередню стадію сепарації, де вилучаються цінні компоненти, а далі, відповідно до запроєктованого варіанту, або подаються на анаеробний розклад, або спалюються, або складаються на полігоні ТПВ.

- Сміттєспалювальний завод, де усе сміття, що надходить із системи збору, спаюється, а твердий залишок та пил, вловлений системою очищення відхідних газів, зберігається на полігоні ТПВ відповідного до небезпечності відходів класу.

Невід'ємною частиною концепції закриття та рекультивації звалищ є оцінка приблизного терміну їх закриття. Термін закриття повинен бути на пряму пов'язаний із датою початку роботи нової системи утилізації відходів. У іншому випадку може скластись ситуація, коли відходи не приймаються на звалище ТПВ, але і не існує іншого варіанту поводження з ними. Такі ситуації ведуть до нагромадження відходів у місті та неконтрольованого їх скиду у непризначених місцях, що у свою чергу веде до значних збитків, які завдаються довкіллю, та погіршення санітарного стану міста. Для вибору ділянки для розміщення нового полігону ТПВ, окрім можливого впливу на навколишнє середовище та здоров'я людей слід керуватись відстанню до межі міста, що у свою чергу зв'язане з коштом на транспортування відходів, впливом на довкілля, яке чинить сміттєтранспортне господарство, та можливістю утилізації теплової енергії, що утворюється в процесі переробки – часткового або повного спалювання відходів.

На територіях, які уже не будуть використовуватись, і де не передбачається рух вантажного транспорту, повинна бути завершена технічна рекультивация із такими шарами відповідно до норм ДБН:

- Мінеральний захисний шар із водонепроникністю 10⁻⁹ м/с та товщиною шару 1 м.

- Шар синтетичної гідроізоляції завтовшки не менше 3 мм, стійкий до хімічної і біологічної агресії та до ушкодження гризунами;

- Дренажний шар товщиною 0,5 м. Служить для відводу атмосферних вод із поверхні сміттєзвалища;

- Рекультиваційний шар завтовшки не менше 1 м, що має шар родючого ґрунту завтовшки 30...50 см

Рекомендації щодо проектування полігону ТПВ:

- Створити геологічний бар'єр на підшві полігону з ухилом в сторону зовнішнього його краю. Це дасть змогу фільтрату, що утворюється, стікати у напрямку системи збору. Вимоги для водонепроникності геологічного бар'єру та товщини є однаковими у директиви ЄК 91/271/ЕЕС та ДБН В.2.4-2-05 та складають 10⁻⁹ м/с та 1 м відповідно.

- Створити систему збору фільтрату. Відповідно до директиви ЄК 91/271/ЕЕС геологічний бар'єр повинен покриватись синтетичним водонепроникним матеріалом та дренажним шаром, у якому встановлюються перфоровані труби для збору фільтрату. Згідно з ДБН В.2.4-2-05 синтетичне покриття не вимагається. Також, одним із варіантів біологічної рекультивації є засадження кущами та деревами, які можуть пускати корені глибоко вниз і тим самим пошкоджувати синтетичне покриття і зменшувати його ефективність.

- Спорудити систему збору звалищного газу. ДБН В.2.4-2-05 рекомендують спорудження газозбірних колодязів паралельно з заповненням площі відходами. Кожних 2 м до центрального колодязя під'єднуються горизонтальні перфоровані труби для збільшення ефективності екстракції газу та зменшення кількості необхідних вертикальних колодязів.

В процесі спорудження фільтратозбірної системи важливим завданням є недопущення змішування атмосферних опадів (які є умовно чистими) із фільтратами, що утворюються у тілі відходів в результаті процесів анаеробного розкладу. Після завершення рекультивації це дозволить значно зменшити затрати на очищення фільтратів внаслідок зменшення їх об'єму.

18.4 Нові екологічнобезпечні технології

Сучасні екологічнобезпечні технології водопідготовки

Ефективно застосовувати *бактерицидне знезараження УФ-випромінюванням* на водогонях, які використовують підземні, джерельні або підрусліві води. Таке знезараження води у 2–3 рази дешевше порівняно із хлоруванням. Як джерело бактерицидного випромінювання використовують переважно ртутно-кварцові лампи високого тиску ПРК і РКС та ртутно-аргонові лампи низького тиску БУВ. Кількість бактерицидних установок розраховують на основі експериментального визначення коефіцієнта поглинання бактерицидного випромінювання води, яку обробляють. Недоліком знезараження води УФ-випромінюванням є відсутність оперативного контролю за ефектом процесу знезараження. Крім того цей спосіб не придатний для знезараження каламутних вод.

Ультразвук має також бактерицидний ефект. Більшість учених зазначають, що під дією ультразвуку відбувається механічне руйнування бактерій у результаті ультразвукової кавітації. Ультразвук на 95 % вбиває дизентерійні палички, сипно-тифозний вірус та інші через 1-2 хв. після оброблення. Ефективність дії ультразвукових коливань залежить від природи мікроорганізмів, частоти ультразвукових коливань, тривалості та інтенсивності оброблення ультразвуком. Під дією ультразвуку гинуть як грамозитивні, так і грамнегативні аеробні бактерії, паличкоподібні, кокові та інші форми мікроорганізмів. Особливо чутливі нитчасті форми мікроорганізмів, а найменше – кулясті. Основна маса бактерій гине під дією ультразвукових коливань частотою 20-30 кГц протягом 2-5 с. Бактерицидний ефект ультразвуку не залежить від каламутності (до 50 мг/дм³) і кольоровості води, яку обробляють. Для знезара-

ження води до санітарних норм застосовують ультразвук із частотою коливань 46 кГц за інтенсивності 2 Вт/см.

Термічний спосіб зазвичай використовують для знезараження невеликої кількості води переважно в лікарнях, санаторіях, транспорті тощо. Під час кип'ятіння впродовж 5-10 хв гинуть практично всі патогенні бактерії. Однак під час кип'ятіння витрачається велика кількість енергії, тому на водогонах цей спосіб не застосовують. Особливої уваги заслуговує **спосіб знезараження води іонами срібла**. Оброблення води, в якій міститься 0,05-0,2 мг/дм³ срібла, впродовж 30-60 хв. дає змогу досягти санітарних норм. Для розчинення срібла у воді використовують способи контактування води з розвиненою поверхнею металу, розчиненням солей срібла або електролітичним розчиненням металічного срібла. Найбільшого поширення набув останній спосіб, що ґрунтується на анодному розчиненні срібла. З цією метою промисловість виготовляє два типи іонаторів – ЛК-27 та ЛК-28. Перший призначений для індивідуального користування в побутових умовах, другий – для знезараження води на невеликих господарсько-питних водогонах, на підприємствах харчової промисловості та громадського харчування, під час розливання мінеральних вод, у плавальних басейнах.

Сучасні екологічнобезпечні технології очищення стічних вод

Найбільша кількість новітніх розробок у очищенні стічних вод відноситься до нових технологій очищення від амонію. Усунення азотвмісних сполук з стічної води зазвичай відбувається завдяки інтеграції процесів нітрифікації та денітрифікації у класичний процес активованого мулу. Інша технологія, у якій використовуються процеси нітрифікації та денітрифікації – це однореакторна система для видалення амонію через нітрит з високою активністю (відома під назвою SHARON). Відмінністю цієї технології є те, що амоній окиснюється лише до нітриту (а не до нітрату) з наступним відновленням до молекулярного азоту, що приводить до меншої потреби у аерації та джерелі зовнішнього вуглецю. Система складається з одного реактора, де аеробні та безкисневі умови створюються періодично, так що може відбуватись і нітрифікація і денітрифікація, а процес здійснюється за параметрів, що дозволяють запобігти накопиченню Nitrite Oxidizing Bacteria (NOB).

Відкриття бактерій Anammox дало можливість проектувати системи вилучення амонію зі стоків, які ґрунтуються виключно на автотрофних процесах. У цих системах спільним є те, що приблизно половина амонію окиснюється до нітриту, а друга половина окиснюється до молекулярного азоту з використанням генерованого нітриту як електрон-акцептора за процесом Anammox. Усі системи автотрофного вилучення амонію можна поділити на дві групи – одно- та двостадійні системи. У двостадійних системах процес Anammox відбувається у окремому реакторі, в який подаються стоки з молярним співвідношенням амонію до нітриту близьким до 1:1,3. Ці стоки генеруються у окремому реакторі де частина амонію окиснюється до нітриту за процесом часткової нітрифікації. Стабільне перетворення частини амонію до нітриту досягається за рахунок запобігання окисненню нітриту до нітрату та

контролювання частки утвореного нітритного азоту. Для того, щоб запобігти окиснення нітриту до нітрату, створюються умови, що є більш сприятливі для Ammonium Oxidizing Bacteria (АОВ).

Сучасні екологобезпечні технології утилізації ТПВ

Щодо видалення побутових відходів, то останнім часом в Швеції почали застосовувати пневматичний транспорт для видалення сміття з сміттєпроводів горизонтальними підземними каналами до станції, що надає послуги декільком будинкам (мікрорайон). В США, Великобританії, Італії та деяких інших країнах застосовується сплав в каналізацію подрібнених органічних відходів з квартир, готелів, ресторанів та інших об'єктів. З цією метою біля раковин ставлять механічні подрібнювачі, з яких подрібнені відходи разом зі стічною водою видаляються в каналізацію.

Необхідною стадією утилізації ТПВ після їх попереднього сортування є певний час зберігання та додаткове сортування на сучасних полігонах ТПВ. Мінімізації впливу таких полігонів ТПВ на довкілля можна досягти шляхом застосування оптимальної композиції для облаштування протифільтраційного екрану, яка б включала природний сорбент та складник, який викликав би кольматацію вільного об'єму екрану. Такими сорбентами можуть бути бентоніт, палигорськіт, глауконіт, кольматація пласти може бути викликана гіпсом, фосфогіпсом або іншими типами в'язучих.

Для очищення зібраних дренажною системою інфільтратів можуть бути використані сучасні технології очищення від амонійного азоту – із застосуванням процесів нітрифікації-денітрифікації, Anammox.

Завдання на самопідготовку

Закріпити отримані на лекції знання та підготувати доповіді на тему:

1. Заводи зі спалювання сміття, проблеми функціонування, сучасні тенденції розвитку.
2. Проблема забруднення водних об'єктів і ґрунтів поблизу звалищ твердих побутових відходів.
3. Рекультивация звалищ і полігонів ТПВ.
4. Перспективні напрямки утилізації ТПВ.

Питання для самоконтролю

1. Що відноситься до ресурсів житлово-комунального господарства?
2. Охарактеризуйте вплив на довкілля систем каналізування та різних технологій утилізації твердих побутових відходів?
3. Які заходи зі зниження рівня негативного впливу на навколишнє середовище застосовуються в житлово-комунальному господарстві?
4. Яким чином можна удосконалити технології очищення каналізаційних стоків?
5. Опишіть сучасні методи вилучення зі стічних вод сполук азоту і фосфору.

6. Наведіть основні рекомендації щодо проектування полігону ТПВ.
7. Які нові екологічнобезпечні технології в житлово-комунальному господарстві Вам відомі?
8. Опишіть сучасні методи знезараження води.
9. Що Ви знаєте про технологію очищення стічних вод SHARON?

ЛІТЕРАТУРА

1. Техноекологія : підручник / М.С. Мальований [та ін.]; за ред. М.С. Мальованого; М-во освіти і науки України, Нац. ун-т «Львів. Політехніка» [та ін.]. – Херсон : Олді-плюс, 2014. – 615 с.
2. Техноекология: учеб. пособие [для студентов специальности 8.070801 / С.А. Лобов и др.]; М-во образования и науки, молодежи и спорта Украины, Нац. аэрокосм. ун-т им. Н. Е. Жуковского «Харьк. авиац. ин-т». – Х. : ХАИ, 2012. – 159 с. : ил., табл. – Библиогр.: с. 159.
3. Техноекологія: навч. посіб. / Бондар. О.І. [та ін.]; за ред. Боголюбова В. М.]. – Херсон : Олді-плюс, 2011. – 312 с.
4. Техноекологія: корот. тлумач. слов.-довід. / [Душанова Т.В., Гаращук І.В., Любінська Л.Г.] ; Кам'янець-Поділ. нац. ун-т ім. І. Огієнка. – Кам'янець-Подільський : Буйницький, 2011. – 223 с.
5. Урбоекологія і техноекологія : [підруч. для студ. екол. спец. вищ. навч. закл.] / Г. М. Франчук, О. І. Запорожець, Г. І. Архіпова ; М-во освіти і науки, молоді та спорту України, Нац. авіац. ун-т. – К. : НАУ-друк, 2011. – 494 с.
6. Техноекологія: навч. посіб. / М.О. Клименко, І.І. Залеський. – К.: Академія, 2011. – 254 с.
7. Проблемы экологии и техногенно-экологической безопасности : посвящ. 100-летию со дня рождения И.Л. Повха / [А.Б. Ступин и др.; под общ. ред. Ступина А.Б.]. – Донецк : ДонНУ, 2010. – 503 с.
8. Техноекологія: Навчальний посібник / Клименко Л.П. – Одеса: «Фонд Екопринт», Сімферополь: Таврія, 2000. – 542 с.
9. Техноекологія: Навчальний посібник / Масікевич Ю.Г., Гринь Г.І., Солодкий В.Д. та ін. – Чернівці: Зелена Буковина, 2006. – 192 с.
10. Техноекологія: Навчальний посібник / Бондар О.І., Боголюбов В.М., Мальований М.С. та ін. – Херсон : ПП Олді-плюс, 2011 – 314 с.
11. Техноекологія та охорона навколишнього середовища: Навчальний посібник / Сухарев С.М., Чундак С.Ю., Сухарева О.Ю. – Львів: Новий світ. 2004. – 254 с.
12. Удод В.М., Трофімович В.В., Волошкіна О.С., Трофимчук О.М. Техноекологія. – К.: КНУБА, 2007. – 192 с.
13. Промислова екологія: Навчальний посібник / Апостолук С.О., Джигирей В.С., Апостолук А.С. – К.: Знання, 2005. – 474 с.
14. Техноекологія: Підручник / А.П. Войцицький, В.Л. Дубровський, В.М. Боголюбов / За ред. В.М. Боголюбова. – К.: Аграрна освіта, 2009. – 533 с.

Навчальне видання

Сарапіна Марина Володимирівна

ТЕХНОЕКОЛОГІЯ

Курс лекцій

Підписано до друку 17.05.17. Формат 60x84/16.

Ум.друк. арк. 11,5

Вид. № 13/17.

Сектор редакційно-видавничої діяльності
Національного університету цивільного захисту України
61023, м. Харків, вул. Чернишевська, 94

www.nuczu.edu.ua